Office cantonal de l'eau

Note technique

Analyse post-événement

Orages du 9.06.2024





Feuille de contrôle du document

Titre	Note technique			
Objet / sujet	Analyse post-événement – Orages du 09.06.2024			
Auteur(s)	Etienne Monbaron-Jalade Ion Iorgulescu Steve Hottinger Tahina Bachmann			
Service				
Date	07/03/25			
Nom du fichier	rapport_technique_orage_v01.docx			
Statut	☐ Provisoire ⊠ Final			
Distribution	Choisissez un élément.			
Visa				

Versions, Modifications

No	Chapitre	Version	Date
1.0	Tout	Provisoire	17.02.2025

Optionnel: Liste des figures et liste des tableaux.

Liste des tableaux

Tableau 1 : débit journalier moyen mesurés sur la Drize et l'Aire le 8 juin 2024
Liste des figures
Figure 1 : Anomalie mensuelle des précipitations pour les mois de janvier à juin 2024 (source : MétéoSuisse)
Figure 2 : Débit moyens sur 7 jours par rapport aux normes historiques (source : www.vhg.ch) 8 Figure 3 : Cumuls sur 1h simulés par les modèles ICON à la station de Landecy (source : plateforme GIN)
Figure 4 : Ensemble des prévisions ICON COSMO 2E sur 24,h entre le 9.06.2024 12h et le 10.06.2024 12h (source : plateforme GIN)
Figure 5 : Intensités radar mesurées durant l'événement (source : MétéoSuisse)
Figure 8 : Pluie à Landecy et débits mesurés sur la Drize aux stations de Pierre-Grand et Grange-Collomb
Figure 9 : Débits maximaux annuels mesurés sur la Drize aux stations Pierre-Grand et Grange-Collomb
Rouge
décharge
intensités les plus fortes
Figure 14 : illustration du nombre d'interventions du SIS par commune sur le territoire cantonal 25 Figure 15 : Cadastre des sinistres selon informations SIS et SDIS
Figure 16: Densité des sinistres reportés sur le bassin versant principal de la Drize
Figure 18: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et les témoignages (bassin versant de la Drize: 1. Evordes, 2. Pierre-Grand, 3. Troinex-dessus 46. Troinex-dessous)
Figure 19: Témoignages le 09.06.2024 - chemin des Bornands 6
Figure 21: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et les témoignages (bassin versant de la Drize au Lieudit Grand-cour)
Figure 22: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et les témoignages (bassin versant de la Drize au Lieu-dit La Chapelle)
(gauche : amont du ch. des Cortets et Droite: amont des voies ferrées et des routes de Collonges/d'Annecy)
témoignages (sous bassin versant de la Drize : le ruisseau d'Archamps)
de Bardonnex
Figure 27: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et les témoignages (sous- bassin versant de la Drize : le Nant de Sac)

Office cantonal de l'eau

Figure 28: Sélection de témoignages ruissellement avec débordement sur plusieurs parcelle	
privées 26-30 et 57B route du Prieur3	
Figure 29: Témoignage route d'Annecy au moment de l'événement direction Carouge3	
Figure 30: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et le	
témoignages (sous bassin versant de la Drize : la Bistoquette)3	
Figure 31: Densité des sinistres reportés sur le bassin versant principal de l'Aire3	
Figure 32: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et le	
témoignages (bassin versant de l'Aire sur Perly-Certoux)4	
Figure 33: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et le	S
témoignages (sous bassin versant de l'Aire : l'Arande)4	
Figure 34: Débordement majeur du lit de l'Arande4	
Figure 35: Témoignage photo au niveau de la gravière exploitée par Bardograves prises l	е
10.06.20244	
Figure 36: Extrait vidéo prise le 10.06.2024, transmise par la commune de Bardonnex4	3
Figure 37: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et le	s
témoignages (sous- bassin versant de l'Aire : le Maraîchet, Fontainettes et la Lissole)4	4
Figure 38: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et le	:S
témoignages (sous- bassin versant de l'Aire : Le Maraîchet, Fontainettes et La Lissoles)4	5
Figure 39: Témoignage Rte de Fémé, croisement Rte de Foliaz (en haut), Route des Hospitalier	S
(en bas)4	5
Figure 40: Témoignage lieu-dit Charrot (ch. de la Baïonette)4	6
Figure 41: Témoignage, 55 route de Cugny4	
Figure 42: Témoignage village de Bardonnex et rte de Bardonnex4	7
Figure 43: Témoignage débordement sur l'A14	
Figure 44: Débordement de la Lissole (selon analyse post-événement)4	8
Figure 45: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et le	s
témoignages (sous- bassin versant de l'Aire : le Ru-Malet et bassin versant de l'Arve)4	9
Figure 46: Témoignages 267 Route Saconnex d'Arve – Plan-les-Ouates5	0
Figure 47: Extrait du rapport établi par la commune de Plan-les-Ouates – Distillerie5	0
Figure 48: Témoignages au croisement Route Saconnex d'Arve et Route du Camp - Plan-les	3-
Ouates5	1
Figure 49: Accumulation d'eau autour de l'EMS Happy Days situé dans un point bas et vulnérabl	е
5	
Figure 50: Densité des sinistres reportés sur le bassin versant principal de l'Arve5	2
Figure 51: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et le	:S
témoignages (bassin versant de l'Arve sur Veyrier)5	3
Figure 52: Situation niche d'érosion Drize km 2.65-2.8 (Gauche : Avant travaux, Droite: Aprè	s
Travaux)5	4
Figure 53: Situation débordement Arande (France) (haut : Avant Travaux, en bas : Après Travaux	
5	•

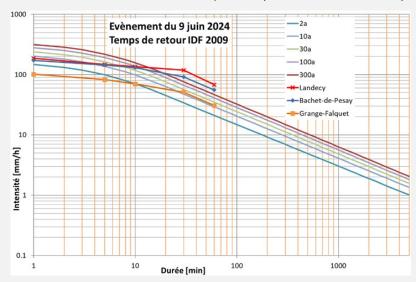
Table des matières

1	Résum	é	6
2	DESCR	RIPTION de l'événement	8
2.1	Situatio	n hydrométéorologique précédant l'événement	8
2.2	Phénon	nène météorologique du 9 juin	9
	2.2.1	Prévisions précédant l'événement	
	2.2.2	Description du phénomène météorologique	11
	2.2.3	Hyétogrammes, cumuls mesurés et temps de retour de l'événement	12
	2.2.4	Analyse météorologique post-événement	
2.3	Répons	e hydrologique des cours d'eau	15
	2.3.1	La Drize	
	2.3.2	Le Ruisseau d'Archamps	
	2.3.3	L'Aire	
	2.3.4	L'Arande	
	2.3.5	Les petits affluents	
	2.3.6	Analyse hydrologique post-événement	
2.4	Phénon	nène de ruissellement	23
3	Cadast	re des événements	24
3.1	Docum	entation des sinistres	24
3.2		re des événement par bassin versant	
	3.2.1	La Drize	
	3.2.2	L'Aire	39
	3.2.3	L'Arve	52
4	Mesure	es et Etudes réalisées, en cours ou à venir	53
4.1	Mesure	s urgentes (réalisées)	53
4.2		s à court et moyen terme	
4.3		actions du service aménagement des eaux et de la Pêche (SAEP)	
4.4		et compléments d'études depuis l'événement	
4.5		du risque de ruissellement	
_		·	
5	Conclu	sions	58

1 RÉSUMÉ

Le présent résumé met en évidence les éléments clés à retenir du rapport:

- → Le dimanche 9 juin 2024, l'après-midi et la soirée ont été marqués par d'importantes cellules orageuses sur la Suisse, touchant particulièrement la région de Genève et le Grand Genève dès le début de soirée.
- → L'événement a battu tous les records enregistrés aux stations de mesures pluviométrique de Landecy et du Bachet de Pesay ainsi que sur la Drize. Suite à l'analyse de l'événement, celui-ci est classé comme historique et exceptionnel, avec un temps de retour supérieur à 300 ans.
 - L'intensité maximale mesurée à Landecy est d'environ 120 mm/h sur 30 minutes et d'environ 70 mm/h sur 1 heure, soit un temps de retour supérieur à 300 ans selon les courbes intensité-durée-fréquence (IDF 2009 ci-dessous).



- Le débit maximal de la Drize a atteint environ 20 m³/s à la station de Pierre-Grand et plus de 25 m³/s à la station de Grange-Collomb, soit un temps de retour supérieur à 300 ans.
- → L'événement a suscité environ 500 interventions des Services Sécurité et Incendie (SIS suisse) et Service Défense contre l'Incendie et de Secours (SDIS France) confondues sur le territoire du Grand-Genève. De nombreux témoignages des communes et des particuliers ont permis de consolider l'analyse de l'événement.
- → Les sinistres reportés sont des inondations de diverses sources touchant avec une forte intensité plusieurs communes genevoise telles que: Bardonnex, Plan-les-Ouates et Veyrier et les communes françaises : Collonges-sous-Salève, Saint-Julien-en-Genevois, Archamps et Bossey.
- → Les sources d'inondations reportées sont liées soit à une crue de cours d'eau, soit un ruissellement important en surface ou un refoulement de réseau.
- → L'analyse des sinistres, conjuguée aux observations de terrain, démontre que les objectifs cantonaux de protection contre les inondations ont été globalement atteints pour les cours d'eau cantonaux ayant fait l'objet de travaux de renaturation et de mesures de protection

contre les inondations. Cette crue d'ampleur historique souligne ainsi l'importance des efforts continus d'aménagement et de renaturation des cours d'eau pour renforcer la résilience du territoire face aux événements extrêmes.

- → Cet événement extrême constitue une occasion unique de tirer des enseignements précieux, non seulement pour améliorer la gestion des risques actuels, mais également pour anticiper les défis hydrologiques futurs dans un contexte de changement climatique.
- → Les plus petits cours d'eau et leur bassin versant réagissent fortement pour ce type d'événement avec un fort impact lié au phénomène de ruissellement et de refoulement des réseaux d'assainissement. La poursuite des études et travaux permettant de réduire les risques liés à ces phénomènes est essentielle face aux changements observés et à l'augmentation des phénomènes de ruissellement sur le territoire genevois.
- → Les réseaux d'évacuation des eaux ne sont pas dimensionnés pour des événements de cette ampleur ; ainsi le refoulement des réseaux s'additionne aux inondations par le ruissellement.
- → Plusieurs actions ont été engagées suite à l'événement par l'état (Canton et Communes) et ses partenaires, dont la réalisation de travaux urgents, l'entretien des engouffrements et du lit de cours d'eau sur le territoire communal, complément des études de risque en cours intégrant le ruissellement sur les cours d'eau communaux, définition des mesures ainsi que des priorités d'action.
- → L'aléa de ruissellement fait actuellement l'objet de réflexion pour améliorer la résilience du territoire face à l'augmentation du risque d'inondation dû à ce phénomène.
 - Mise à disposition des services techniques communaux d'une application permettant de mieux cadastrer les inondations y compris le ruissellement;
 - Développement d'un concept de ruissellement au sein de l'office cantonal de l'eau en 2024 ainsi qu'un plan d'action à déployer dès 2025;
- → L'État met en place les mesures nécessaires à la gestion de ce risque. Les actions à mener sur le territoire pour la protection contre le ruissellement ne doivent pas reporter les risques d'inondation (en application du code civil). Il y a lieu de maintenir les chemins préférentiels d'écoulement des eaux vers leur exutoire et ralentir dans la mesure du possible ces écoulements, en maintenant les zones de rétention naturelles voire en les renforçant. Les particuliers ont également leur rôle à jouer en respectant les directives de construction en zone d'inondation en vigueur.
- → Les mesures de protection collectives sont à favoriser pour assurer la cohérence de la gestion du risque.

2 DESCRIPTION DE L'ÉVÉNEMENT

2.1 Situation hydrométéorologique précédant l'événement

Les mois de février, mars et avril ont été fortement déficitaires en terme de précipitation sur le canton de Genève, avec 30% de précipitation en moins en moyenne que lors de la période 1991 – 2020 (voir Figure 1). En mai cependant, le cumul mensuel représente environ 140% de la norme, avec 106.4 mm enregistrés à la station MétéoSuisse de Genève-Cointrin et 118.5 mm à la station OCEau de Landecy, permettant de combler en partie les déficits hydriques printaniers des différents bassins versants du canton.

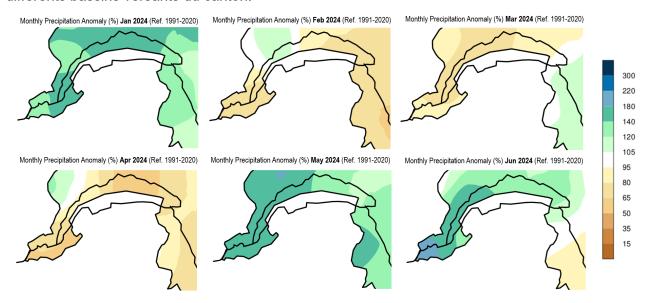


Figure 1 : Anomalie mensuelle des précipitations pour les mois de janvier à juin 2024 (source : MétéoSuisse)

Les précipitations cumulées sur les semaines précédant l'événement du 9 juin ont saturés les sols en eau, générant un facteur aggravant pour les phénomènes de ruissellement de surface et jouant un rôle dans l'ampleur des inondations observées.

En terme d'hydrologie des cours d'eau genevois, les précipitations du mois de mai permettent d'appréhender les étiages estivaux plus sereinement que lors des années 2022 et 2023, avec des rivières présentant des débits en moyenne légèrement supérieurs aux normes mensuelles (Figure 2).

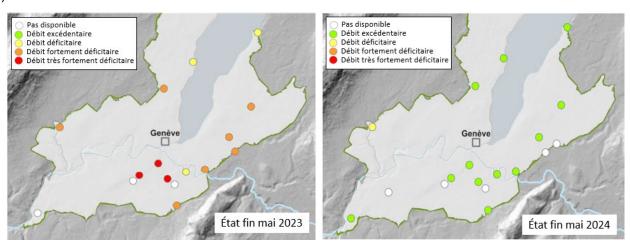


Figure 2 : Débit moyens sur 7 jours par rapport aux normes historiques (source : www.vhg.ch)

La veille de l'événement, les débits suivants sont mesurés sur la Drize et l'Aire, deux des bassins versants genevois ayant été particulièrement impactés par l'orage du 9 juin :

Tableau 1 : débit journalier moyen mesurés sur la Drize et l'Aire le 8 juin 2024

Drize	Drize	Aire	Aire	Aire	
Pierre-Grand	Grange-Collomb	Thairy (mesure FR)	Centenaire	Pont-Rouge	
60 l/s	120 l/s	150 l/s	180 l/s	230 l/s	

2.2 Phénomène météorologique du 9 juin

2.2.1 Prévisions précédant l'événement

Le samedi 8 juin au matin, MétéoSuisse a émis une alerte de degré 3 pour orages violents, accompagnée de deux briefings météorologiques (le samedi à 13h et le dimanche à 13h). Les modèles météorologiques indiquaient alors une forte instabilité atmosphérique, caractérisée par une humidité élevée et une importante énergie de convection. Les prévisions annonçaient localement des pluies abondantes, avec des estimations comprises entre 40 et 50 mm d'eau précipitable.

Plusieurs facteurs aggravants, susceptibles d'amplifier les impacts hydrologiques de l'événement du 9 juin, ont également été identifiés :

- 1. Des sols déjà partiellement saturés par les précipitations des semaines précédentes;
- 2. Une quantité de neige encore importante dans les bassins versants alpins du Rhône, de l'Arve et de leurs affluents, largement supérieure à la moyenne au-dessus de 2500 m d'altitude;
- 3. Une limite pluie-neige située au-delà de 3000 m, favorisant la fonte rapide de la neige en cas de précipitations intenses et susceptible de générer un ruissellement important souvent sous-estimé par les modèles.

Les points 2 et 3 ci-dessus ont poussés la cellule de surveillance des crues de l'OCEau à émettre une pré-alerte le 7 juin, renouvelée le 9 juin au matin, pour une possible crue de l'Arve dans la nuit du 9 au 10 juin. Des débits soutenus étaient potentiellement attendus, avec une pointe de crue alors estimée à environ $400 \text{ m}^3/\text{s}$.

La situation météorologique prévue pour le 9 juin était particulièrement propice au développement d'orages violents, soutenus par un flux d'altitude de sud-ouest. Toutefois, pour ce type d'événement, la localisation précise, l'ampleur et le timing restent difficiles à prévoir. Cette problématique a été illustrée par un autre épisode, celui du 29 juin suivant : bien que les conditions annoncées soient alors plus critiques, les impacts sur le canton de Genève ont été finalement nuls.

Il convient de souligner que MétéoSuisse peut évaluer à la veille le risque d'orage mais ne prédit pas les événements orageux individuels.

Les modèles ICON-CH1-EPS et ICON-CH2-EPS ont modélisé les prévisions suivantes à la station de Landecy, la veille et le jour de l'événement (voir la Figure 3) :

- Simulation du 8.06.24 à 20h : un maximum de 25.1 mm en 1h prévu pour 18h;
- Simulation du 9.06.24 à 8h : un maximum de 20.8 mm en 1h prévu pour 19h;

• Simulation du 9.06.24 à 14h : un maximum de 44.5 mm en 1h prévu pour 20h.

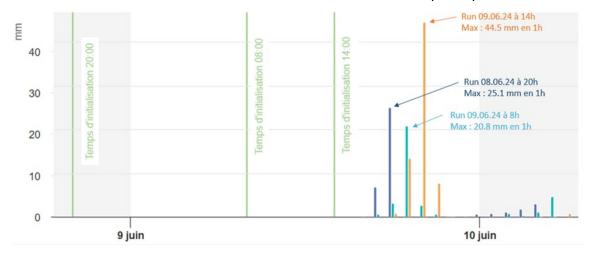


Figure 3 : Cumuls sur 1h simulés par les modèles ICON à la station de Landecy (source : plateforme GIN)

En réalité, les précipitations mesurées par l'OCEau à la station de Landecy, après correction, ont atteint, entre 18h et 19h, près de 68 mm.

Pour la station de Bachet, les prévisions étaient les suivantes :

- Simulation du 8.06.24 à 20h : un maximum de 18.3 mm en 1h prévu pour 18h;
- Simulation du 9.06.24 à 8h : un maximum de 27 mm en 1h prévu pour 19h;
- Simulation du 9.06.24 à 14h : un maximum de 47.7 mm en 1h prévu pour 20h.

Les relevés de l'OCEau, après correction, ont montré des précipitations atteignant 56 mm en une heure, également entre 18h et 19h.

Les prévisions météorologiques sous-estimaient donc largement les intensités horaires mesurées, y compris dans les simulations les plus récentes (à seulement 4 heures de l'événement). À la station de Landecy, les simulations du 9.06.2024 à 14h prédisaient ainsi un cumul horaire environ 40% plus faible qu'observé.

En revanche, les cumuls sur 24 heures étaient globalement bien anticipés par les modèles, bien que spatialement variables (typique d'une situation orageuse) selon les prévisions d'ensembles COSMO-2E (Figure 4). Des cumuls entre 60 et 100 mm sur 24h étaient localement modélisés à Genève sur la période du 09.06.2024 12h au 10.06.2024 12h, alors que 81.4 mm sont mesurés à Landecy et 75.1 mm à Bachet.

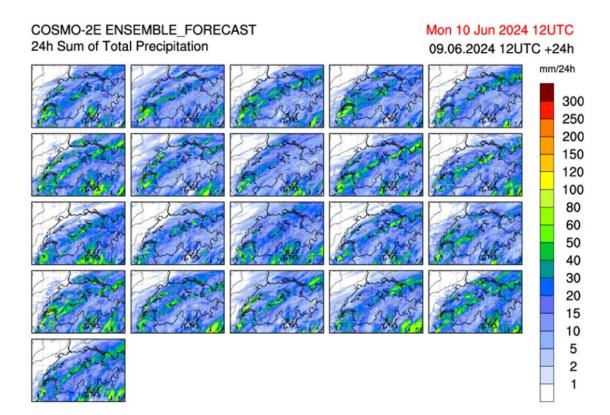


Figure 4 : Ensemble des prévisions ICON COSMO 2E sur 24,h entre le 9.06.2024 12h et le 10.06.2024 12h (source : plateforme GIN)

La situation décrite ci-dessus illustre particulièrement bien la difficulté des modèles à prédire avec précision l'intensité de précipitations exceptionnelles sur de courtes périodes. Le 9 juin, les cumuls horaires ont déjà été passablement sous-estimés, alors que l'événement présentait une temporalité sensiblement réduite avec des intensités sans précédent mesurées sur une période critique de 30 minutes, de loin pas anticipées par les prévisions.

2.2.2 Description du phénomène météorologique

Le 9 juin, deux cellules orageuses en provenance du sud-ouest ont touché le territoire genevois à partir de 17h. Peu après, ces deux cellules ont fusionné pour former une supercellule orageuse centrée principalement sur le versant nord du Salève. Cette formation a affecté dans un premier temps principalement les communes genevoises de Bardonnex, Troinex et Plan-les-Ouates ainsi que les communes françaises de Saint-Julien-en-Genevois, Archamps, Collonges-sous-Salève et Bossey. Des précipitations abondantes ont débuté à 18h, avec une intensité particulièrement remarquable entre 18h et 18h30.

Ci-dessous, la chronologie de l'événement, illustrée par la Figure 5, avec les intensités et cumuls de pluie issus de la plateforme GIN :

- **1.** 18h : La cellule orageuse, ancrée sur la région transfrontalière de Landecy, génère des précipitations particulièrement intenses. Un cumul exceptionnel de 19,7 mm en 10 minutes est enregistré à la station de Landecy, soit une intensité équivalente à près de 120 mm/h.
- 2. 18h 18h30 : L'orage s'étend progressivement vers le nord, avec de fortes intensités mesurées également en ville de Genève (près de 80 mm/h sur 10 min à la station OCEau de David-Dufour), mais reste également bloqué sur la zone Landecy-Bachet. Cette période de 30 minutes constitue

le cœur de l'événement avec des cumuls exceptionnels mesurés aux stations Landecy et Bachet, avec respectivement 59 mm (118 mm/h) et 46 mm (92 mm/h).

3 et 4. Dès 18h30, la cellule se déplace vers la rade et le petit lac, marquant une diminution progressive des précipitations sur la zone Landecy-Bachet, où les averses cessent complètement vers 18h45. À mesure que l'orage progresse, il atteint Versoix vers 18h45, avec un cumul exceptionnel de 22 mm en 10 minutes enregistré à la station Versoix-MMVES située proche du Lac. Il transite ensuite par la région de Terre-Sainte et touche Nyon vers 19h20, avec également un pic exceptionnel de 22.5 mm en 10 min mesurés à la station Nyon-Changin (la deuxième plus grande mesure sur 10 minutes à cette station selon MétéoSuisse), avant de perdre en intensité. Sur ce parcours, l'orage étant en mouvement, la période d'intensité maximale est légèrement réduite (plutôt 15-20 min). Aussi, étant plutôt localisé sur le Lac et ainsi sur l'aval des bassins versants de la région Versoix-Nyon (la station de Sauvergny, située 3km à l'amont de la station Versoix, n'a par exemple pas réagit, à l'instar des stations du pied du Jura), les cours d'eau ont peu réagi et des phénomènes de ruissellement moins importants que pour la région du sud de Genève sont observés.

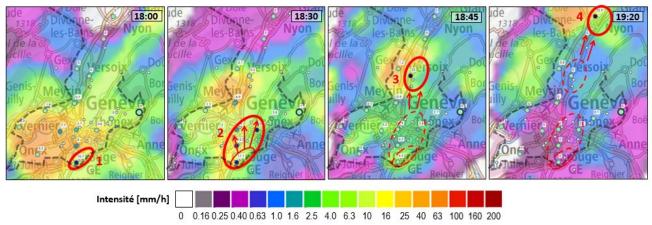


Figure 5 : Intensités radar mesurées durant l'événement (source : MétéoSuisse)

2.2.3 Hyétogrammes, cumuls mesurés et temps de retour de l'événement

Aux différentes stations pluviométriques clefs ayant particulièrement réagi durant l'événement et discutées ci-dessus sont associées les hyétogrammes au pas de temps 10 minutes suivants, reconstitués d'après les données de la plateforme GIN :

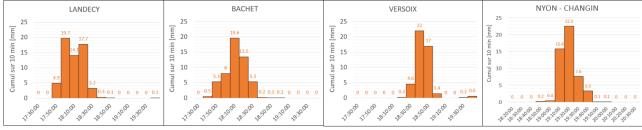


Figure 6 : Hyétogrammes au pas de temps 10 minutes mesurés (source : plateforme GIN)

Les cumuls observés sur différentes stations genevoises de l'OCEau, et les temps de retours associés selon la directive IDF de 2009 (en cours de mise à jour), sont donnés dans le Tableau 2 :

Tableau 2 : intensités maximales mesurées durant l'événement et temps de retour associés selon la directive IDF 2009 (source : OCEau)

	Intensité mesurée [mm/h] (temps de retour calculé selon les courbes IDF genevoises de 2009)					
Durée [min]	Landecy	Bachet	David-Dufour	Grange-F	Laconnex	Chevrier
1	185.6 (2-5 ans)	172 (2-5 ans)	102 (< 1 an)	101 (< 1 an)	93 (< 1 an)	71 (< 1 an)
5	147 (10 ans)	148 (10 ans)	80.4 (< 1 an)	82 (< 1 an)	83 (< 1 an)	60 (< 1 an)
10	135 (50 ans)	131 (30 ans)	75.6 (1-2 ans)	70 (1-2 ans)	64 (1 an)	52 (< 1 an)
30	118 (> 300 ans)	92 (> 300 ans)	48.4 (5-10 ans)	51 (10 ans)	30 (1 an)	23 (< 1 an)
60	68 (> 300 ans)	56 (> 300 ans)	30.4 (5-10 ans)	31 (10 ans)	16 (< 1 an)	14 (< 1 an)

Les intensités fournies pour Landecy et Bachet par le Tableau 2 (source : données corrigées OCEau) sont légèrement supérieures aux intensités données par les hydrogrammes de la Figure 6 (source : plateforme GIN). Une correction manuelle des données (la fréquence maximale de basculement de l'auget du pluviomètre a été atteinte) a en effet été nécessaire pour apprécier correctement l'intensité du pic de l'événement sur ces deux stations et en tenir compte dans les cumuls finaux.

Les cumuls exceptionnels sur 30 minutes et 1h, extrêmement localisés sur les stations de Landecy et Bachet font la particularité de l'événement du 9 juin 2024. Les temps de retour associés sont largement supérieurs à 300 ans (Figure 7). Les stations de mesures situées plus à l'est de la zone d'intensité maximale (Grange-Falquet et Chevrier par exemple) ou à l'ouest (Laconnex) ont réagi, mais dans une moindre mesure, avec des temps de retour au maximum de 10 ans. L'extension de la cellule orageuse au nord, puis lors de son déplacement à travers la rade, a engendré en ville de Genève des intensités fortes, mais pas exceptionnelles, avec des temps de retour de 5 à 10 ans observés à David-Dufour.

Les cumuls sur 2h et 4h aux stations de Landecy, Bachet, David-Dufour et Grange-Falquet dépassent encore un temps de retour de 5 ans.

Des cumuls sur 10 à 30 minutes extrêmement importants sont mesurés localement sur la suite du trajet vers le nord-est de la cellule orageuse, notamment à Versoix puis Nyon. Les plus fortes précipitations sont plutôt localisées sur le Lac et sur l'aval des bassins versants topographiques et des réseaux d'assainissement, elles n'ont donc pas engendré les mêmes conséquences que sur la région Landecy-Bachet.

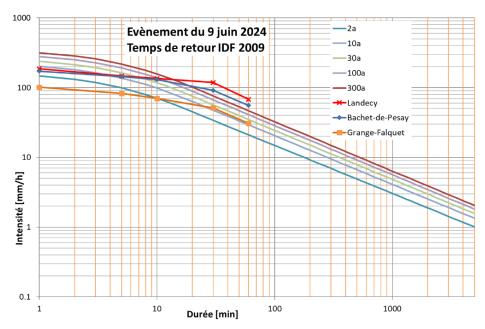


Figure 7 : courbes IDF 2009 et mesures lors de l'événement du 9 juin

2.2.4 Analyse météorologique post-événement

L'analyse de l'événement météorologique du 9 juin met en lumière plusieurs enseignements clés, tant sur la prévisibilité des phénomènes que sur les limites des outils d'observation et de modélisation actuels.

Prévisions et intensités significativement sous-estimées

L'événement du 9 juin avait été anticipé par les modèles météorologiques, qui avaient identifié un risque important d'orages et de précipitations abondantes. Cependant, l'ampleur réelle des intensités observées a été localement largement sous-estimée. En particulier, les précipitations maximales enregistrées sur des périodes de 30 minutes à 1 heure à Landecy et à Bachet ont dépassé les projections les plus pessimistes, atteignant des intensités et des cumuls associés à des périodes de retour bien supérieures à 300 ans. Cette sous-estimation illustre la difficulté actuelle des modèles à saisir avec précision les épisodes à très forte intensité sur des échelles temporelles courtes.

Une illustration des impacts du changement climatique

Cet événement illustre particulièrement l'impact du changement climatique, marqué par une hausse de la fréquence d'épisodes météorologiques brefs, mais d'intensité exceptionnelle. À Genève, cette tendance a été mise en évidence par le secteur Hydrologie et Extrêmes Climatiques à travers l'analyse des données de précipitations historiques et récentes. Les analyses de MétéoSuisse corroborent cette tendance, indiquant que ces phénomènes extrêmes deviendront plus fréquents à l'avenir. L'été 2024 a par ailleurs été marqué par des valeurs record sur plusieurs indicateurs climatiques étroitement liés à l'activité orageuse, tels que l'énergie de convection (CAPE), les points de rosée et la température des couches inférieures de l'atmosphère (source : MétéoSuisse). Ces données renforcent la nécessité de mettre à jour les directives Intensité-Durée-Fréquence du canton de Genève pour mieux intégrer les réalités des précipitations extrêmes dans un climat changeant.

Limites des données radar

L'événement du 9 juin a également mis en lumière une limite significative des données radar, comme le montre la Figure 7. Les intensités maximales enregistrées in situ à Landecy et à Bachet (100 à 120 mm/h entre 18h et 18h30) ont été largement sous-estimées par les radars, qui indiquaient "seulement" 40 à 50 mm/h pour ces mêmes zones. Cette divergence s'explique en partie par la position du radar de la Dôle, situé à une altitude de 1677 mètres, qui ne permet pas de détecter les développements des précipitations dans des couches d'atmosphère situées à des altitudes inférieures. Aussi, le centre de l'activité orageuse, si seules les images radar sont analysées, se trouve décalé plus au nord-ouest (plutôt sur Laconnex) que ce qui est réellement observé.

Ces résultats soulignent l'importance de combiner des données in situ aux observations radar pour améliorer l'évaluation et la gestion des phénomènes météorologiques extrêmes. La densité du réseau de pluviomètre de l'OCEau a ainsi permis une analyse précise de l'événement. Ces pluviomètres, pour de telles intensités, atteignent cependant leurs limites en terme de fréquence maximale de basculement de l'auget. Afin de décrire correctement le phénomène, l'expertise des collaborateurs du secteur hydrométrie est également déterminante.

L'imprévisibilité des phénomènes orageux

Malgré des indices clairs d'une activité orageuse intense pour l'après-midi du 9 juin, la localisation, l'intensité et le timing exacts des précipitations sont restés difficilement prévisibles. Une situation similaire, voire plus critique, a été observée le 29 juin, mais sans précipitations significatives sur Genève. Ce jour-là, un ensoleillement plus faible que prévu, attribuable à la présence de poussières sahariennes, a joué un rôle crucial dans la réduction de l'instabilité atmosphérique. Cet exemple démontre à quel point de petites fluctuations dans les conditions initiales peuvent profondément modifier les résultats finaux, rendant la prévision des phénomènes extrêmes d'autant plus complexe.

Cette analyse post-événement met en évidence la nécessité de renforcer les outils de prévision météorologique à court terme, tel que le nowcasting, et d'améliorer la communication des prévisions. Elle souligne également l'importance de maintenir et d'augmenter le nombre de stations de mesure en continu, en particulier les stations pluviométriques, en veillant à leur bon fonctionnement. Enfin, elle insiste sur l'intégration des nouvelles réalités climatiques dans les modèles et dans les politiques de gestion des risques hydrométéorologiques.

2.3 Réponse hydrologique des cours d'eau

L'événement météorologique du 9 juin a généré des réponses hydrologiques variées parmi les cours d'eau genevois, témoignant de la complexité des interactions entre les précipitations extrêmes, le ruissellement de surface, la morphologie des bassins versants et les caractéristiques propres à chaque cours d'eau. Ces réponses divergentes sont principalement dues à deux facteurs déterminants : 1) la localisation des bassins versants par rapport à la zone de convection la plus active de la cellule orageuse et 2) leur taille (et forme), fortement liée au temps de concentration, qui détermine la capacité du bassin à réagir rapidement, ou non, à des précipitations courtes et intenses.

Ainsi, les cours d'eau directement situés au droit de la zone d'intensité maximale de l'orage ont présenté des réactions hydrologiques particulièrement marquées :

 La Drize et ses affluents tels que le ruisseau d'Archamps et le Nant de Sac, ainsi que les affluents de l'Aire, tels que l'Arande, le Ru-Malet-Voiret et le système Maraîchet-Lissole, ont vu leurs bassins versants fortement impactés par l'orage stationnaire dont les intensités les plus fortes ont duré environ 30 à 45 minutes. Le chevauchement de leur temps de concentration avec la durée des précipitations intenses, combiné à des pluies d'abord en tête de bassin puis se déplaçant vers l'aval (deux phénomènes aggravants largement documentés), a exacerbé leurs réponses hydrologiques, qui se sont avérées extrêmes;

- En revanche, l'Aire, dont le bassin versant global est de taille plus importante a montré une réaction plus modérée. Bien que l'orage ait partiellement couvert ce bassin, l'ensemble de son territoire, et en particulier sa partie aval plus urbanisée, n'a pas été uniformément touché. De plus, le temps de concentration plus long de l'Aire limite naturellement les réponses hydrologiques extrêmes, sauf en cas de précipitations persistantes sur plusieurs heures. La réponse hydrologique de l'Aire a donc été significative, mais elle n'atteint pas le niveau critique observé sur les plus petits bassins, dont certains de ses affluents;
- Enfin, les cours d'eau situés en périphérie ou à l'aval de la zone orageuse ont montré des réactions limitées: l'Arve, les systèmes tels que le Marquet-Gobé-Vengeron ou encore la Versoix n'ont que faiblement réagi, l'orage n'ayant touché que la limite aval de leurs bassins. Ces cours d'eau n'ont ainsi présenté qu'une réponse hydrologique modérée, voire faible. La crue de l'Arve envisagée par le secteur Hydrologie et Extrêmes Climatiques (HEC) avec la pré-alerte du 7 et 9 juin ne s'est pas produite, le débit ayant plafonné finalement à environ 200 m³/s. Ces cours d'eau ne seront ainsi pas discutés dans la suite de ce chapitre.

Dans les sous-chapitres suivants, les réponses spécifiques des principaux cours d'eau impactés seront analysées en détail, en tenant compte de leurs particularités hydrologiques et des conditions extrêmes observées lors de cet événement. Les débordements observés, dégâts et autres phénomènes d'inondation sont décrits au chapitre 3.

2.3.1 La Drize

La Drize est le cours d'eau équipé de stations limnimétriques avec mesures en continus qui a le plus fortement réagit à l'orage du 9 juin. La Figure 8 illustre la réponse hydrologique aux stations Pierre-Grand et Grange-Collomb :

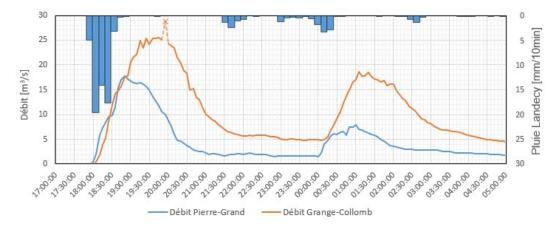


Figure 8 : Pluie à Landecy et débits mesurés sur la Drize aux stations de Pierre-Grand et Grange-Collomb

À la station Pierre-Grand, bien que la hauteur d'eau ait été enregistrée correctement, le débit n'a pu être calculé sur le portail VHG en raison de l'absence d'une courbe de tarage adaptée. Les débits ont été reconstitués a posteriori au-delà de 10 m³/s grâce aux jaugeages réalisés par le secteur hydrométrie. Le débit de pointe reconstitué atteint environ 18 m³/s (incertitude +/- 20 %) à 18h50, ce qui constitue un record absolu pour cette station. Ce débit, largement supérieur au

précédent maximum mesuré de 9,5 m³/s en 1987, correspond à un temps de retour bien au-delà de 300 ans selon les statistiques de crue actuelles. Ce débit de pointe a été mesuré environ 45 minutes après le pic de précipitations.

À la station Grange-Collomb, un débit maximal mesuré de 29 m³/s a été enregistré. Toutefois, ce pic, observé sur une très courte durée (5 minutes), pourrait refléter un phénomène de mise en charge localisée d'un pont ou un épisode d'embâcle-débâcle, mais il est plus probablement attribué à un artefact de mesure. Une valeur plus réaliste est estimée à 25 m³/s (incertitude +/-20 %) aux alentours de 19h30, toujours bien supérieure au précédent record de 20 m³/s enregistré en 2008. Ce débit correspond également à un temps de retour largement supérieur à 300 ans. Le débit de pointe a été observé environ 1h30 après le pic de précipitations.

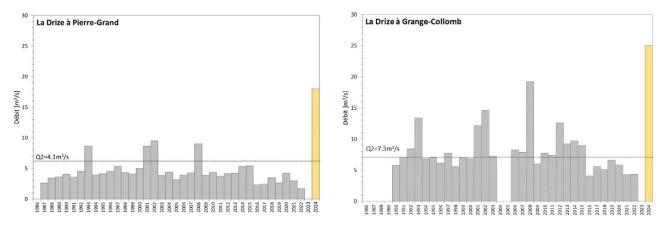


Figure 9 : Débits maximaux annuels mesurés sur la Drize aux stations Pierre-Grand et Grange-Collomb

Ces mesures remarquables ont néanmoins bénéficié d'un laminage des débits en amont de l'entrée de la Drize sur le territoire genevois. En effet, des débordements massifs, provoqués par un processus d'embâcle au niveau du voûtage de la route de Genève, sur la commune de Collonges-sous-Salève (voir le chapitre 3), ont agi comme un tampon hydraulique. Ce phénomène a ainsi probablement permis de limiter les débits mesurés aux stations limnimétriques situées plus en aval sur le territoire suisse. Sans cette dissipation partielle des flux, les débits enregistrés auraient probablement atteint des niveaux encore plus élevés, accentuant davantage la gravité de la crue.

Dans la nuit suivant l'événement principal, un second épisode de crue est observé. Celui-ci est déclenché par des précipitations de faible à moyenne intensité (pic à 43,2 mm/h sur une durée de 10 minutes, enregistré à la station météorologique de David-Dufour), mais avec des cumuls horaires modestes, atteignant au maximum 10,3 mm. Ces précipitations, bien que moins intenses, ont principalement touché l'aval du bassin versant, déjà saturé par les précipitations exceptionnelles de l'après-midi. Cette saturation des sols a amplifié la réponse hydrologique, générant un débit de pointe proche de 19 m³/s à la station de Grange-Collomb. Ce débit, bien qu'inférieur au pic de la journée, s'approche du précédent record de 2008 et illustre l'extrême réactivité du bassin versant face à des conditions hydrologiques critiques.

2.3.2 Le Ruisseau d'Archamps

Le ruisseau d'Archamps, affluent important de la Drize, contribue significativement aux débits mesurés à la station de Pierre-Grand. Cependant, en l'absence de station de mesure de débit en continu sur ce cours d'eau, l'analyse de sa réponse hydrologique lors de l'événement du 9 juin

repose principalement sur des observations directes (débordements) et sur les caractéristiques physiques de son bassin versant.

Bien que bien moins étendu que celui de la Drize à Pierre-Grand, le bassin versant du ruisseau d'Archamps présente des caractéristiques similaires déterminantes pour sa réponse hydrologique : il s'étend sur le flanc nord du Salève, avec des pentes marquées et une configuration étroite et allongée qui permet d'estimer un temps de concentration également semblable à la durée de l'événement (30-45 min). Ces attributs, combinés à sa localisation au cœur de l'événement orageux où les intensités de pluie maximales ont été enregistrées, indiquent une réaction hydrologique comparable à celle observée sur la Drize en termes d'intensité.

Des débordements importants ont été observés sur le territoire français, notamment au niveau de Collonges-sous-Salève, où les ruissellements ont convergé avec ceux de la Drize au niveau de la route de Genève. Ces écoulements débordés se sont ensuite dirigés vers la route de Rozon et le chemin d'Évordes avant de réintégrer le cours d'eau principal. Ainsi, à l'instar de la Drize, les apports du ruisseau d'Archamps ont également été en partie tamponnés par les débordements et la dissipation des flux avant leur entrée sur le territoire suisse, atténuant ainsi leur impact direct sur les débits mesurés en aval (voir chapitre 3).

Compte tenu de sa localisation au centre de l'épisode orageux et des observations relevées, le temps de retour estimé pour les débits générés par l'événement du 9 juin sur le bassin versant du ruisseau d'Archamps est supérieur à 100 ans, voire supérieur à 300 ans, à l'image de ce qui a été estimé pour la Drize à Pierre-Grand.

2.3.3 L'Aire

La réponse hydrologique de l'Aire aux précipitations intenses du 9 juin a été marquée par une réactivité partielle, principalement influencée par les apports de ses affluents situés à l'est du bassin versant et en rive droite. Ces affluents, tels que l'Arande, ont été directement exposés à la zone de convection la plus active de la cellule orageuse. Cependant, le bassin versant en rive gauche (notamment les communes de Soral et Bernex) ainsi que la partie urbaine de l'Aire (communes d'Onex et de Lancy) ont été relativement épargnés par les précipitations les plus intenses.

La Figure 10 présente la réponse hydrologique du cours d'eau aux stations Thairy (FR), Centenaire et Pont-Rouge.

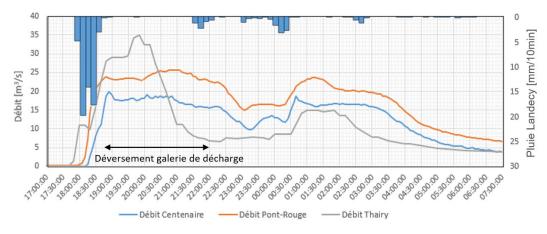


Figure 10 : Pluie à Landecy et débits mesurés sur l'Aire aux stations Thairy, Centenaire et Pont-Rouge

À la station Thairy, située en amont de la frontière suisse, un débit de pointe de 35 m³/s a été enregistré. Selon les statistiques françaises, ce débit correspond à un temps de retour d'environ 50 ans mais est inférieur à 10 ans selon les statistiques suisses. Ce pic égale le précédent record établi en novembre 2002, soulignant une forte réaction hydrologique des deux-tiers amont du bassin versant.

Plus en aval, sur le territoire suisse, les débits ont été en grande partie laminés par la galerie de décharge située en amont de la station Centenaire. Un débit de 32.5 m³/s (incertitude +/- 20 %) a été estimé par le secteur hydrométrie à la station Bossenailles (juste en amont de la galerie), tandis qu'à Centenaire, un débit de pointe de 20 m³/s (incertitude +/- 20 %) a été mesuré. Cette différence démontre l'efficacité de la galerie, qui a commencé à déverser à partir de 15 m³/s et a absorbé en pointe un débit similaire.

La légère diminution de débit constatée entre Thairy et Bossenailles peut s'expliquer conjointement par :

- Une relative faible contribution du bassin versant intermédiaire : le bassin versant intermédiaire en rive droite, globalement touché par le centre de l'activité orageuse, est majoritairement drainé par le Maraîchet et la Lissole, dont l'embouchure se trouve juste à l'aval de la station Bossenailles. Le bassin versant intermédiaire en rive gauche est quant à lui relativement épargné des intensités les plus fortes;
- Une incertitude élevée sur les données : les hauteurs mesurées à Bossenailles (tendance à l'alluvionnement de la section) et/ou leur transformation en débits à Thairy (jaugeages à maximum 15 m³/s) sont à considérer avec réserve.

Une étude de l'événement mandatée au bureau Gruner suggère, sur la base d'observations des laisses de crue du 9 juin et de calculs de la capacité de la section allant du pont du chemin de Praleta à l'autoroute, que les débits à Bossenailles étaient plutôt de l'ordre de 50 m³/s durant l'événement. Dans ce cas, la galerie de décharge aurait absorbé jusqu'à 30 m³/s.

À la station Pont-Rouge, un débit de pointe de 26 m³/s (incertitude +/- 10 %) a été mesuré. La faible augmentation de débit entre Centenaire et Pont-Rouge confirme que les précipitations les plus intenses n'ont pas touché la zone urbaine du bassin versant aval.

Les infrastructures de gestion des débits prévues pour l'Aire, notamment les différents casiers de rétention, n'ont pas été activées lors de cet événement, à l'exception d'une modeste rétention observée en amont de la digue épingle (voir Figure 11) causée en partie par un tapissage du filet par des bois flottants. En revanche, la galerie de décharge a rempli son rôle de manière optimale. Le rehaussement du déversoir effectué durant l'été 2023 a également démontré son efficacité, permettant une gestion contrôlée de la crue.





Figure 11 : rétention observée à l'amont de la digue épingle et déversoir rehaussé de la galerie de décharge

Tél: +41 (22) 546 74 03 • Fax +41 (22) 546 74 01 • eau@etat.ge.ch • www.geneve.ch

En amont de Saint-Julien, l'Arande a largement débordé au niveau de son entrée en Suisse, inondant les gravières de Bardograves (voir le sous-chapitre ci-dessous et chapitre 3). Ces débordements revenant peu/pas au cours d'eau, ont contribué à un laminage du débit de pointe. En leur absence, des débits plus élevés auraient probablement été mesurés aux stations en aval, bien que cette différence soit difficile à quantifier, l'Arande ne disposant pas de station de mesure du débit en continu.

Selon les statistiques actuelles, la crue de l'Aire du 9 juin correspondrait à un temps de retour inférieur à 10 ans sur le territoire suisse, et vraisemblablement d'environ 2 ans.

2.3.4 L'Arande

L'Arande, cours d'eau non équipée de mesures de débit en continu, complique l'estimation précise des débits lors de l'événement du 9 juin. Cependant, les observations et les phénomènes constatés permettent de tirer des conclusions sur sa réponse hydrologique.

Le bassin versant de l'Arande se trouve au centre de l'activité orageuse, là où les précipitations les plus intenses ont été observées. Le 9 juin, la rivière est sortie de son lit juste en aval du voûtage sous la départementale D1206, au niveau d'un coude marqué de son tracé et de la zone d'expansion des crues en rive droite. Les débordements ont été largement amplifiés par un processus d'embâcle lié aux nombreux matériaux charriés (végétaux, sédiments grossiers, pavage de protection du fond du lit érodé de l'amont), formant un bouchon au droit du coude et de la parcelle agricole adjacente. Ces débordements massifs ont entraîné une déviation complète du flux vers les gravières de Bardograves, situées plus en aval. Ces débordements et l'intervention corrective d'urgence sont décrit au chapitre 3 : cadastre des événements.

Ce phénomène a eu pour effet de réduire les débits en aval, sur Saint-Julien et en Suisse, contribuant ainsi à un laminage des débits de l'Aire. Bien que les débordements soient en grande partie dus à l'accumulation de matériaux, la localisation de l'Arande au cœur de l'activité orageuse, combinée à la taille de son bassin versant et à sa topographie en pente, laisse penser que la rivière a connu une réponse hydrologique extrême. Celle-ci peut être estimée du même ordre que celle mesurée sur la Drize à Pierre-Grand, avec un temps de retour supérieur à 100 ans, voire possiblement au-delà de 300 ans.

2.3.5 Les petits affluents

Les bassins versants de petits affluents de la Drize, de l'Aire et de l'Arve tels que : le système Maraîchet-Lissole, Le Nant de Sac et le Ru-Malet, situés dans la zone où les précipitations les plus intenses ont été enregistrées lors de l'événement du 9 juin ont fortement réagi. Ces cours d'eau ont drainé des volumes d'eau conséquents, générés notamment par les phénomènes de ruissellement massif observés sur les communes de Bardonnex, Plan-les-Ouates et Troinex (voir chapitre 3).

Bien qu'aucune mesure de débit en continu ne soit disponible pour ces cours d'eau, les observations de terrain et l'étendue des zones inondées permettent de conclure que des débits importants, voire très importants, ont probablement transité vers et par leurs lits.

La topographie des bassins versants a significativement influencé leur réponse hydrologique. Leur topographie a favorisé la rétention d'eau dans les champs et les dépressions, retardant et atténuant le transfert des volumes vers les cours d'eau.

Ce laminage naturel a ainsi vraisemblablement engendré des hydrogrammes plus longs et plus plats, avec des crues plus étalées dans le temps que celles des cours d'eau en pente. Les

processus de ruissellement ont ainsi joué un rôle clé dans la dynamique hydrologique de ces bassins versants, limitant l'intensité immédiate des pointes de crue tout en prolongeant leur durée. Ces mécanismes, bien que tamponnant les impacts hydrologiques locaux, n'ont pas empêché des inondations notables, notamment en raison de l'accumulation des débits et des débordements sur des secteurs vulnérables (voir chapitre3).

2.3.6 Analyse hydrologique post-événement

Conditions météorologiques et réponse hydrologique

L'événement météorologique du 9 juin a généré des débits exceptionnels dans plusieurs petits et moyens cours d'eau du sud de Genève, marquant un épisode hydrologique sans précédent pour la région. Les facteurs ayant conduit à une réponse hydrologique d'une telle ampleur sont multiples. Tout d'abord, la synchronisation entre la dynamique de l'orage et les caractéristiques des bassins versants touchés a joué un rôle déterminant. Les temps de concentration des bassins versants, très proches de la durée critique de l'événement, ainsi que le déplacement progressif de la cellule orageuse en aval, ont maximisé l'intensité des débits de pointe. Par ailleurs, la topographie escarpée des flancs du Salève, combinée à une urbanisation importante de certains secteurs, a généré des écoulements rapides et a restreint la capacité des sols à absorber les précipitations, favorisant ainsi un ruissellement direct et massif vers les cours d'eau.

Saturation des bassins versants et dynamique des crues

Un aspect particulièrement frappant a été la sensibilité accrue des bassins versants une fois saturés. Ce phénomène a été illustré par l'apparition d'un second pic de crue, observé notamment sur la Drize, malgré des précipitations ultérieures d'intensité modérée. Cette réaction met en lumière la fragilité du système hydrologique lorsqu'il atteint sa capacité maximale de rétention. Une fois saturé, même de faibles apports supplémentaires peuvent entraîner des crues significatives, rendant la gestion de tels événements d'autant plus complexe.

Collecte et analyse des données hydrologiques

L'absence de stations de mesure en continu sur certains cours d'eau a limité la possibilité d'obtenir des données hydrologiques précises pendant l'événement. Toutefois, grâce à l'expertise des collaborateurs du secteur hydrométrie, les jaugeages disponibles, associés aux courbes hauteur-débit existantes, ont permis de reconstituer les hydrogrammes avec une précision satisfaisante. Ces analyses ont été complétées par les nombreuses observations de terrain réalisées pendant et après l'événement, qui ont fourni des informations cruciales à la compréhension de l'événement. Les laisses de crue, les débordements observés et les dégâts constatés ont été analysés pour estimer les débits, identifier les zones les plus vulnérables et prendre des mesures immédiates. Ces efforts, combinés à une planification rigoureuse des dangers d'inondation depuis maintenant plusieurs décennies, ont joué un rôle clé dans la gestion efficace de cet événement extrême.

Enseignements et pistes d'amélioration

L'analyse post-événement a également permis d'identifier des pistes d'amélioration pour anticiper des situations encore plus critiques. Par exemple, des études prospectives sont en cours pour modéliser les impacts d'un orage similaire centré sur le bassin urbain de l'Aire, en aval de la galerie de décharge. Ces travaux visent à renforcer la résilience du territoire face à des crues potentielles encore plus dévastatrices.

Rôle des infrastructures de gestion des crue

Enfin, cet événement a mis en évidence le rôle essentiel des infrastructures de gestion des débits dans la maîtrise des crues. La galerie de décharge de l'Aire à Confignon a prouvé son efficacité, de même que des ouvrages tels que le peigne et le filet à embâcles situés en amont de l'autoroute. Finalement, les aménagements réalisés ces dernières années sur la Drize par le secteur renaturation ont renforcé la résilience du bassin versant, lui permettant de mieux absorber les surcharges et de préserver une capacité hydraulique globalement suffisante malgré des conditions hydrologiques extrêmes.

Cet événement extrême constitue une occasion unique de tirer des enseignements précieux, non seulement pour améliorer la gestion des risques actuels, mais également pour anticiper les défis hydrologiques futurs dans un contexte de changement climatique.

2.4 Phénomène de ruissellement

Comme indiqué dans les chapitres précédents, l'événement du 9 juin 2024 est jugé comme un événement météorologique et hydrologique historique depuis le début des mesures. Le temps de retour de l'événement est globalement supérieur à 100 ans, et localement supérieur à 300 ans.

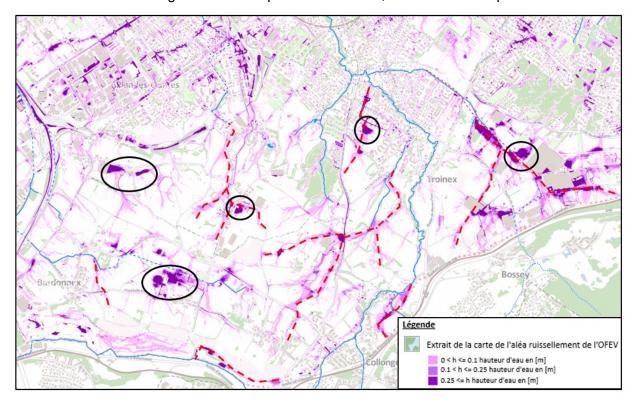


Figure 12 : Extrait de la carte de l'aléa ruissellement de l'OFEV pour la zone touchée par les intensités les plus fortes

La carte de l'aléa ruissellement de la confédération met en évidence les zones potentiellement inondées lors de précipitations particulièrement intenses (carte élaborée avec un épisode de temps de retour 100 ans).

Ces zones sont caractérisées de la manière suivante:

- Zones d'accumulation dans les points bas topographiques, en particulier dans les zones agricoles (cf. ronds noirs, non exhaustif);
- Cheminements préférentiels d'écoulement naturels suivant la topographie du terrain jusqu'au cours d'eau (exemple en traits tillés rouge, non exhaustif) ou anthropiques en suivant certains axes routiers tels que des chemins et routes (rte d'Annecy, rte de Bardonnex, rte des Hospitaliers ou rte de Saconnex d'Arve particulièrement touchées par exemple);

La carte de ruissellement correspond à l'écoulement de l'eau en surface jusqu'à son exutoire naturel ou anthropique, respectivement un cours d'eau ou un réseau d'évacuation des eaux. Il contribue fortement à l'alimentation des différentes sources d'inondations : soit par le ruissellement lui-même, soit par le refoulement des réseaux, soit par les crues des petits et moyens cours d'eau.

Les différentes observations et sinistres qui ont été rapportés par la population, les communes et les Services Incendie et Secours (SIS) confirment globalement la carte d'aléa de ruissellement de

l'OFEV. La Figure 13 ci-dessous illustre cette bonne adéquation pour deux phénomènes de ruissellement caractéristiques.



Figure 13 : Illustration des phénomènes de ruissellement observés

Il est important de souligner qu'aucune carte spécifique n'existe pour évaluer le risque d'inondation lié au refoulement des réseaux d'évacuation des eaux pluviales. Ces derniers sont généralement dimensionnés pour des événements dont le temps de retour est inférieur à 20 ans. Ainsi, lors de précipitations intenses, ils atteignent rapidement leur capacité maximale, entraînant des mises en charge susceptibles de provoquer des refoulements. En cas d'événements exceptionnels, le risque d'inondation par refoulement devient particulièrement élevé. De nombreux témoignages recueillis confirment d'ailleurs que ce phénomène a été une cause récurrente d'inondation.

3 CADASTRE DES ÉVÉNEMENTS

3.1 Documentation des sinistres

Le Service d'incendie et de secours (SIS) ainsi que les communes de Bardonnex, Plan-les-Ouates et Veyrier ont particulièrement contribué à la documentation de l'événement qui a fortement touché leur territoire, ce qui a permis d'établir une analyse détaillée de l'événement avec une comparaison entre les observations de terrain et les cartes à disposition, soient :

- La carte d'aléa de ruissellement ;
- La carte de danger d'inondation par les crues des cours d'eau.

La carte d'aléa de ruissellement, produite par l'Office fédéral de l'environnement, permet d'évaluer les risques d'inondation pour des épisodes de pluie d'une période de retour égale ou supérieure à 100 ans. Toutefois, elle ne prend pas en compte les spécificités de l'aménagement bâti, et son exactitude peut être influencée par la présence d'éléments comme des bordures, des murets ou d'autres obstacles artificiels.

Malgré ces limites, l'analyse des témoignages recueillis montre que cette carte offre une représentation relativement fidèle de l'événement du 9 juin 2024. En effet, la majorité des sinistres

ont été observés sur les chemins préférentiels d'écoulement jusqu'aux cours d'eau ainsi que dans les zones d'accumulation identifiées par la carte.

Les communes les plus touchées du canton ont été Bardonnex, Plan-les Ouates et Veyrier, cumulant chacune plus de 30 interventions du Service Sécurité et Incendie (SIS) (voir Figure 14). Ces trois communes ont été touchées par un événement d'intensité sur 10 minutes de plus de 100 mm/h et une durée critique de l'événement supérieur à 30 minutes, correspondant au temps de concentration (de réaction) des bassins versants de plusieurs cours d'eau (voir chapitre 2.3). Les communes de Troinex, Lancy, Genève-Plainpalais, Genève-Eaux-Vives ont également eu chacune plus de 10 interventions du Service Sécurité et Incendie (SIS). L'événement y était moins critique, avec des intensités maximales sur 10 minutes plutôt de l'ordre de 50 à 60 mm/h.

Un nombre également important de sinistres a été reporté de l'autre côté de la frontière et en particulier sur les communes de Bossey, Collonges-sous-Salève, Archamps et Saint-Julien-en-Genevois. (voir chapitre 3.2).

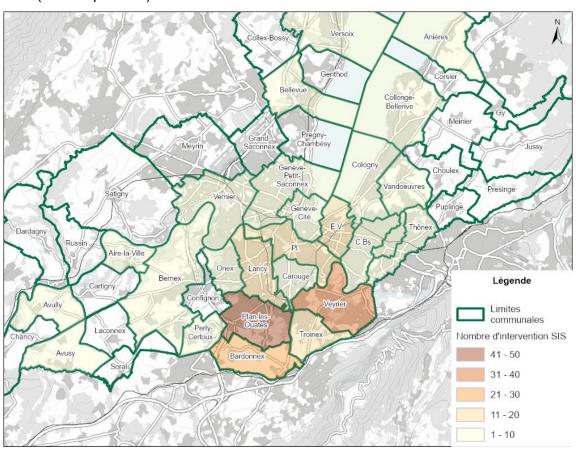


Figure 14 : illustration du nombre d'interventions du SIS par commune sur le territoire cantonal

L'événement du 9 juin 2024 a mobilisé d'importants moyens d'intervention, avec environ 500 opérations menées par le Service d'Incendie et de Secours (SIS) sur le territoire genevois et par les Services de Défense Incendie et de Sécurité (SDIS) en zone frontalière. À Genève, près de 230 interventions ont été recensées (voir Figure 15).

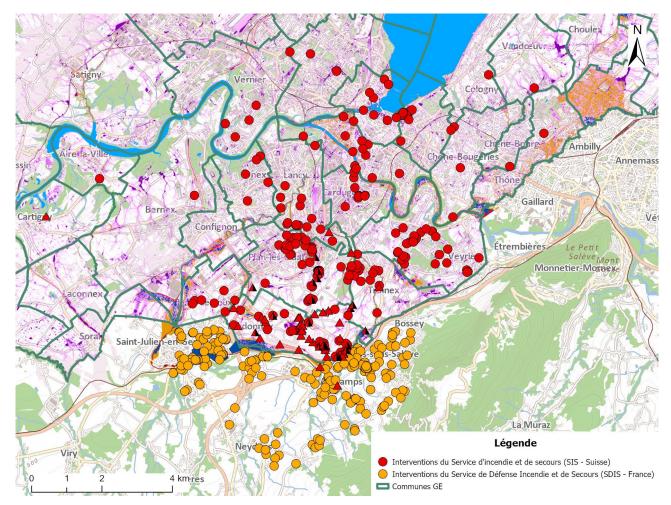


Figure 15 : Cadastre des sinistres selon informations SIS et SDIS

Les sinistres documentés, sans distinction entre les différentes causes, résultent de plusieurs sources d'inondation, qui sont parfois combinées :

- Refoulement des réseaux d'évacuation des eaux : la saturation des conduites a entraîné une mise en charge du réseau, provoquant des inondations dans les caves et parfois jusque dans les entrées de maisons, par débordement des grilles et branchements ;
- Ruissellement important des eaux en surface ;
- Débordement de cours d'eau.

De nombreuses zones résidentielles ont été touchées, la majorité des inondations étant attribuables à un phénomène marqué de ruissellement de surface et/ou à un refoulement des réseaux d'évacuation des eaux.

Ce rapport se concentre sur les bassins versants et sous-bassins ayant le plus réagi lors de l'événement, à savoir ceux de l'Aire et de la Drize (débordement et ruissellement) et plus modestement de l'Arve (ruissellement uniquement). Le compte rendu qui suit ne prétend pas être exhaustif, mais vise à examiner les principales causes des inondations ainsi que l'impact global de cet épisode météorologique exceptionnel.

3.2 Cadastre des événement par bassin versant

Ce chapitre résume les causes des sinistres, les témoignages recueillis et les observations effectuées sur le terrain pendant et après l'événement. L'analyse est structurée par grands bassins versants – Drize, Aire et Arve – puis affinée par sous-bassins pertinents afin d'apporter une vision plus complète des phénomènes et sinistres observés.

3.2.1 La Drize

Le bassin versant de la Drize a été particulièrement touché par l'événement, avec une forte densité de sinistre sur Collonges-sous-Salève (voir Figure ci-dessous).

Les sinistres ont été reportés sur les communes de Bardonnex et Troinex (Suisse) et sur Collonges-sous-Salève (France).

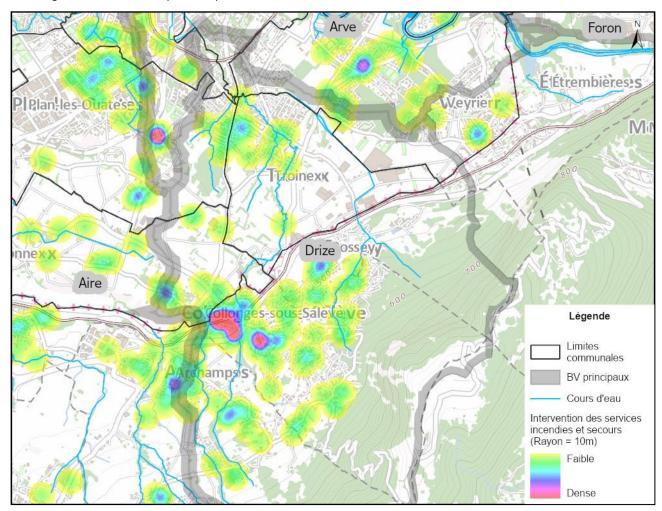


Figure 16: Densité des sinistres reportés sur le bassin versant principal de la Drize

Les sous-chapitres ci-après décrivent les sinistres de chaque sous-bassin versant des affluents de la Drize particulièrement impactés y compris le sous bassin du cours d'eau principal de la Drize.

La Drize

La Drize est un cours d'eau cantonal, transfrontalier, dont les mesures lors du pic de l'événement du 09.06.2024 ont été jugées historiques depuis le début des mesures sur le canton (voir chapitre 2.3.1).

Sur le territoire français, la Drize est massivement sortie de son lit à Collonges-sous-Salève (France) en raison d'un important embâcle sous un pont, un phénomène largement relayé par les médias et les réseaux sociaux (voir Figure 17). Ce débordement fait actuellement l'objet d'une analyse approfondie par la Communauté de communes du Genevois (FR). Il est mentionné dans ce rapport, mais ne fera pas l'objet d'une analyse détaillée.



Figure 17: Extrait d'une vidéo postée sur les réseaux sociaux - dimanche 09.06.2024 sur la route de Genève

Sur le territoire cantonal, les débordements de la Drize ont principalement concerné des zones identifiées comme présentant un danger d'inondation faible à résiduel (voir Figure 18). De telles inondations sont donc conformes aux prévisions pour des événements hydrologiques exceptionnels. L'événement du 9 juin 2024 en est une illustration frappante, avec une période de retour estimée à plus de 300 ans pour cette rivière.

Plusieurs témoignages ont été transmis sur l'événement au lieu-dit Evordes, à Grand-cour sur Troinex-dessus et à Troinex-dessous où l'événement a été particulièrement marquant avec des fortes montées d'eau dépassant les 30 cm jusqu'aux habitations à proximité (voir n° 1, 3 et 4, Figure 18).

Plusieurs sinistres ont été reportés dans le bassin versant direct de la Drize, à l'intérieur d'une zone de cheminement préférentiel d'écoulement des eaux de surface en cas d'événement exceptionnel comme celui qui a eu lieu le 09.06.2024 (hauteur d'eau attendue de plus de 25 cm, voir n° 3 et 6, Figure 18).

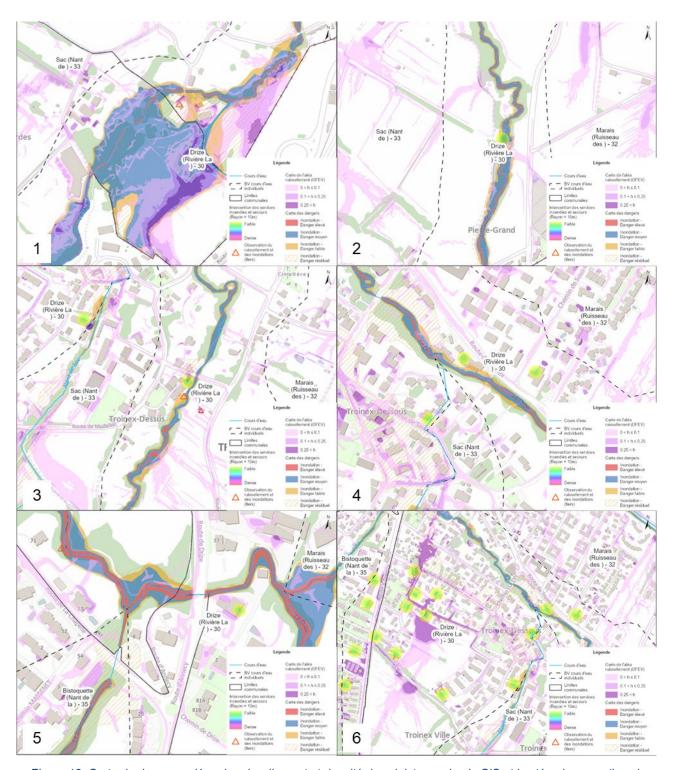


Figure 18: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et les témoignages (bassin versant de la Drize: 1. Evordes, 2. Pierre-Grand, 3. Troinex-dessus 4.-6. Troinex-dessous)

L'atteinte d'une hauteur d'eau allant jusqu'à 30 cm a été reportée au niveau du chemin des Bornands 6 en raison de la crue de la Drize (lieudit Evordes, voir Figure 19). L'inondation de ce secteur en cas d'événement exceptionnels est attendue selon les cartes de dangers avec une double contribution entre crue et aléas de ruissellement (voir n°1, Figure 18).



Figure 19: Témoignages le 09.06.2024 - chemin des Bornands 6

Au niveau de Troinex-dessus, à l'amont et à l'aval du Pont Chemin Jacques-Ormond, les objets construits le long des berges du cours d'eau (muret, cabane de jardin, etc.) ont joué un rôle important de renforcement du phénomène d'inondation en créant des rétentions artificielles aux niveau des jardins des riverains avec des hauteurs d'eau supérieures à 50 cm (voir sinistres et observations, Figure 20).

À l'amont du pont situé Chemin Jacques-Ormond, les jardins se trouvent en zone de danger faible, cela signifie que des inondations peuvent être attendues pour des événements moindres. Les jardins en zone de dangers résiduels ont également été touchés à l'amont et à l'aval du pont selon témoignages reçus.



Figure 20: Témoignages le 09.06.2024 (gauche) et observation 10.06.2024 (droite) - amont du pont ch. Jacques-Ormond

Les témoignages relatent également d'importantes arrivées d'eau issues du ruissellement de surface en provenance des champs et de la route de Pierre-Grand (voir Figure 20 – flèches bleu, validé selon le constat fait sur site le 10.06.2024).

La Drize a fait l'objet de plusieurs projets de renaturation et d'aménagements de protection contre les crues depuis 2004. Ces interventions visent à restaurer le fonctionnement naturel du cours d'eau tout en réduisant le risque d'inondation. L'événement du 9 juin 2024, d'une intensité

exceptionnelle, a constitué un test grandeur nature pour ces aménagements en démontrant leur efficacité.

L'inspection menée sur le terrain le 10 juin a permis de constater que ces travaux ont globalement rempli leur rôle : malgré l'ampleur du phénomène, les débordements sont restés limités à des zones où un aléa résiduel était attendu pour des crues extrêmes. Les aménagements réalisés ont ainsi permis d'atténuer les effets de l'inondation et d'éviter des dégâts plus importants.

Des équipes sont directement intervenues au niveau du dégrilleur avant la canalisation transitant au centre-ville de Genève pour assurer le fonctionnement optimal de l'ouvrage.

Deux sinistres ont nécessité une intervention immédiate de l'OCEau (voir Figure 21 et Figure 22) :

- Des phénomènes d'érosion sur certaines berges, menaçant la stabilité des rives ;
- La chute de murs longeant le cours d'eau, pouvant entraver l'écoulement et aggraver le risque d'inondation en cas de nouvelles crues.

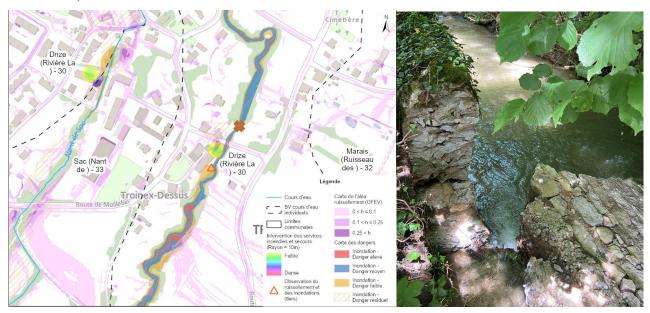


Figure 21: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et les témoignages (bassin versant de la Drize au Lieudit Grand-cour)

Une érosion importante est relevé le long de la Drize au *km 2.65-2.8* (marqué d'une croix rouge sur la Figure 22).

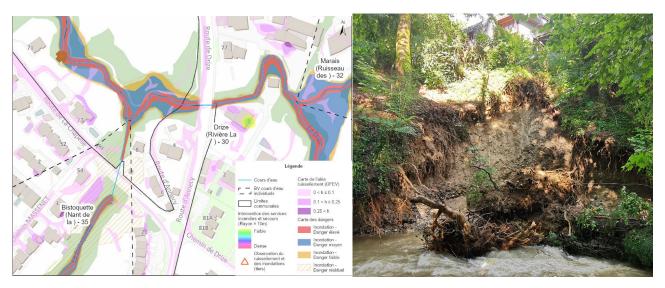


Figure 22: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et les témoignages (bassin versant de la Drize au Lieu-dit La Chapelle)

Ces mesures correctives ne remettent pas en cause l'efficacité des travaux réalisés ces dernières décennies.

L'analyse des sinistres, conjuguée aux observations de terrain, démontre que les objectifs cantonaux de protection contre les inondations ont été globalement atteints. Cette crue d'ampleur historique souligne ainsi l'importance des efforts continus d'aménagement et de renaturation des cours d'eau pour renforcer la résilience du territoire face aux événements extrêmes.

L'aléa de ruissellement fait actuellement l'objet de réflexion pour améliorer la résilience du territoire face à l'augmentation du risque d'inondation dû à ce phénomène.

Le ruisseau d'Archamps

L'affluent de la Drize, appelé Nant des Fins (ou Ru de la Tate) en territoire français, puis ruisseau d'Archamps à son passage en Suisse, a été à l'origine de plusieurs inondations sur le territoire genevois. Il s'agit également d'un cours d'eau cantonal en raison de sa qualité transfrontalière.

Sur le territoire français, les observations faites le 10.06.2024 indiquent que le cours d'eau a débordé en amont de la route de Collonges/d'Annecy. Ce débordement fait actuellement l'objet d'une analyse approfondie par la Communauté de communes du Genevois (FR). Il est mentionné dans ce rapport, mais ne fera pas l'objet d'une analyse détaillée.



Figure 23: Photos prises le 10.06.2024 - Constat embâcles et traces de débordement sur routes (gauche : amont du ch. des Cortets et Droite: amont des voies ferrées et des routes de Collonges/d'Annecy)

Sur le territoire genevois, les débordements du ruisseau d'Archamps ont principalement concerné des zones identifiées comme présentant un danger d'inondation résiduel (voir Figure 24). De telles inondations sont donc conformes aux prévisions pour des événements hydrologiques exceptionnels tels que celui du 9 juin 2024.

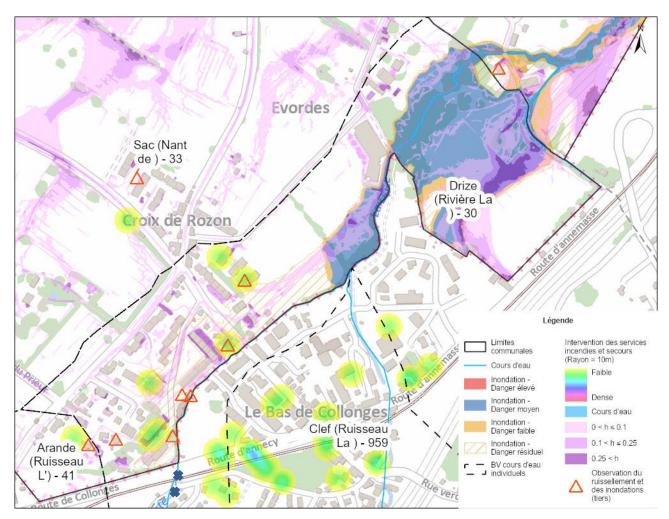


Figure 24: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et les témoignages (sous bassin versant de la Drize : le ruisseau d'Archamps)

Plusieurs témoignages ont été transmis sur l'événement au niveau de la Croix-de-Rozon le long du ruisseau.

Un débordement significatif du ruisseau d'Archamps a été signalé par des riverains au niveau de l'ancienne douane de Bardonnex (voir Figure 25). À proximité, une habitation a subi une inondation des caves atteignant jusqu'à 140 cm de hauteur.

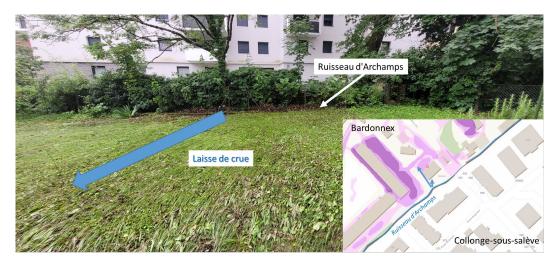


Figure 25: Témoignage du débordement du ruisseau d'Archamps au niveau de l'ancienne douane de Bardonnex

Plusieurs sinistres ont été reportés à l'intérieur d'une zone de cheminement préférentiel d'écoulement et d'accumulation des eaux de surface en cas d'événement exceptionnel comme celui qui a eu lieu le 09.06.2024, avec pour conséquence l'inondation de sous-sols et l'accumulation d'eau dans les jardins durant plusieurs heures (voir Figure 26).



Figure 26: Témoignage ruissellement et refoulement réseaux – 273 et 277 Route d'Annecy

Le ruisseau d'Archamps a fait l'objet d'aménagements de protection contre les crues sous forme de digues le long du cours d'eau. L'événement du 9 juin 2024, d'une intensité exceptionnelle, a constitué un test grandeur nature pour ces aménagements en démontrant leur efficacité.

L'analyse des sinistres, conjuguée aux observations de terrain, démontre que les objectifs cantonaux de protection contre les inondations ont été globalement atteints. Cette crue d'ampleur historique souligne ainsi l'importance des efforts continus d'aménagement et de renaturation des cours d'eau pour renforcer la résilience du territoire face aux événements extrêmes.

L'aléa de ruissellement fait actuellement l'objet de réflexion pour améliorer la résilience du territoire face à l'augmentation du risque d'inondation dû à ce phénomène.

Le Nant de Sac

Le bassin versant de l'affluent de la Drize, appelé Nant de Sac a particulièrement réagi à l'événement de pluie du 09.06.2024 et plusieurs sinistres ont été reportés tant sur le territoire de Bardonnex que sur le territoire de Troinex.

Les débordements du Nant de Sac ont principalement concerné des zones identifiées comme présentant un danger d'inondation résiduel (voir Figure 27). De telles inondations sont donc conformes aux prévisions pour des événements hydrologiques exceptionnels tels que celui du 9 juin 2024.

La majorité des sinistres dans le bassin versant direct du Nant de Sac ont eu lieu le long de cheminements préférentiels d'écoulement et d'accumulation des eaux de surface, telle qu'indiquée par les cartes d'aléa, et ce, spécifiquement en cas d'événements exceptionnels, comme celui du 09.06.2024 (voir Figure 27, traitillé rouge). Les sinistres reportés ont eu pour conséquence l'inondation de sous-sols, l'accumulation d'eau dans les jardins durant plusieurs heures et des accumulations importantes d'eau sur plusieurs heures des routes à fort trafic.

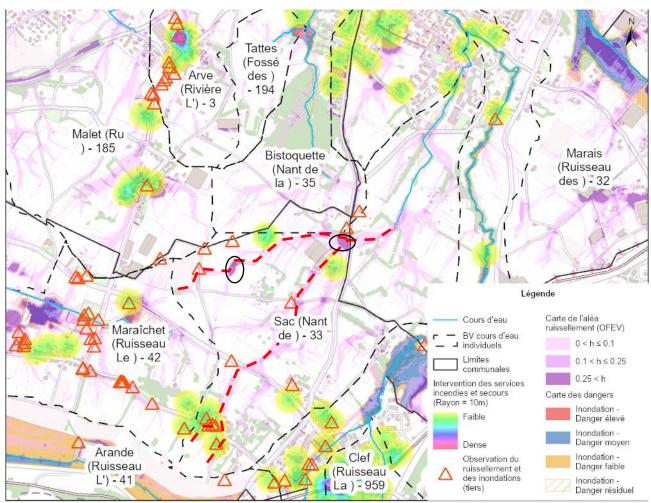


Figure 27: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et les témoignages (sousbassin versant de la Drize : le Nant de Sac)

Le village de Landecy situé sur la commune de Bardonnex a été fortement touché par l'événement. Un ruissellement important ainsi qu'un refoulement par les réseaux a été reporté (voir Figure 28).



Figure 28: Sélection de témoignages ruissellement avec débordement sur plusieurs parcelles privées 26-30 et 57B route du Prieur

Plusieurs routes, telles que les routes d'Annecy, des Hospitaliers et quelques chemins, ont reçu d'importante quantité d'eau de ruissellement. Selon différents témoignages certaines accumulations dépassaient les 20 cm.



Figure 29: Témoignage route d'Annecy au moment de l'événement direction Carouge

Les cheminements préférentiels de l'eau observés suivent les prévisions des cartes d'aléa de ruissellement. Les réseaux d'évacuation ne sont pas dimensionnés pour des événements de cette ampleur. Ainsi, le refoulement par les réseaux peut également contribuer aux inondations.

L'aléa de ruissellement fait actuellement l'objet de réflexions pour améliorer la résilience du territoire face à l'augmentation du risque d'inondation dû à ce phénomène. L'impact du phénomène de ruissellement étant particulièrement étendu sur ce bassin versant, le Nant de Sac constitue un cas d'études touchant deux communes à intégrer dans ces réflexions.

La Bistoquette

Le bassin versant de l'affluent de la Drize, appelé La Bistoquette a peu réagi à l'événement de pluie du 09.06.2024 et quelques sinistres ont été reportés sur le territoire de Troinex. Ils se situent par ailleurs en dehors du périmètre de crue du cours d'eau (voir Figure 30).

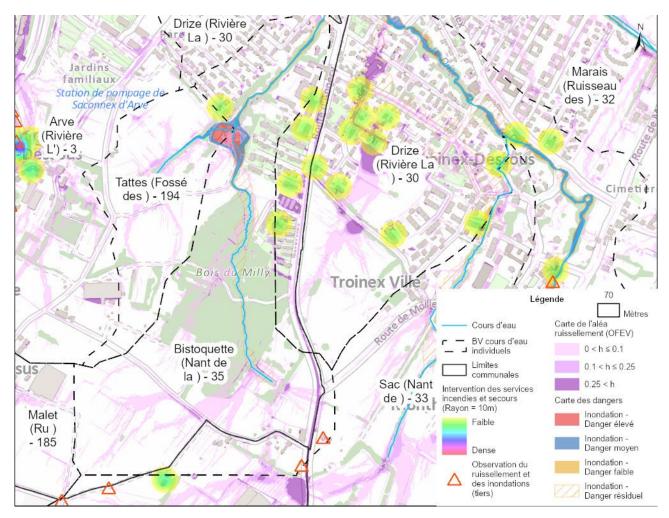


Figure 30: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et les témoignages (sous bassin versant de la Drize : la Bistoquette)

Le cours d'eau de La Bistoquette a fait l'objet de plusieurs travaux de renaturation et d'aménagement de mesures de protection pour la réduction du risque d'inondation.

Compte tenu de l'analyse des sinistres, de l'ampleur de l'événement et de la visite effectuée sur site le 10.06.2024, les objectifs cantonaux de protection contre les inondations suite aux mesures prises sur La Bistoquette sont considérés comme respectés.

3.2.2 L'Aire

Le bassin versant de la Aire a été particulièrement touché au niveau de ses affluents par l'événement, avec une forte densité de sinistres sur Saint-Julien-en-Genevois (France) et Plan-les-Ouates (Suisse) (voir Figure ci-après).

Les sinistres ont été reportés sur les communes de Bardonnex, Plan-les-Ouates et Perly-Certoux (Suisse) et sur Saint-Julien-en-Genevois (France).

L'événement côté français fait l'objet d'une analyse approfondie par la communauté de commune du Genevois (FR) et ne sera pas analysé dans le présent rapport.

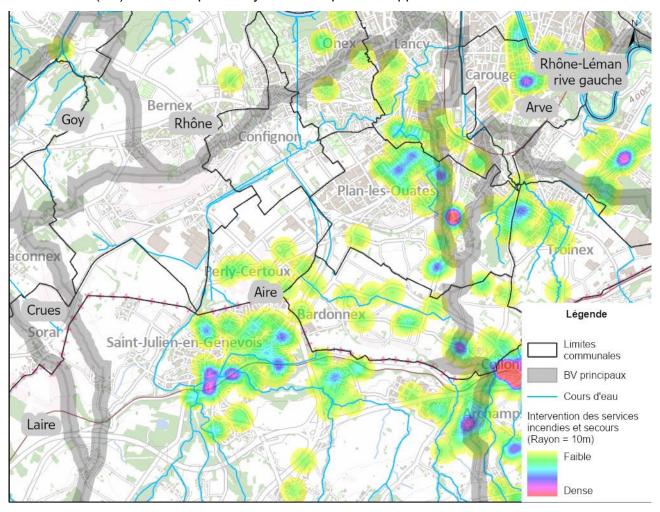


Figure 31: Densité des sinistres reportés sur le bassin versant principal de l'Aire

L'Aire

L'Aire est un cours d'eau cantonal, transfrontalier également, dont les mesures de débit lors du pic de l'événement du 09.06.2024 sont jugées équivalentes à un temps de retour de 10 ans depuis le début des mesures sur le canton (voir chapitre 2.3.1).

Aucun sinistre n'a été signalé dans les zones identifiées, dans une zone mis en évidence par la carte de dangers en cas de crue de l'Aire. Ceci est attendu dès le moment où le temps de retour de l'événement est inférieur à celui de l'établissement des cartes de dangers soit un temps de retour de 30 ans.

Cependant, plusieurs sinistres ont été observés dans le bassin versant direct de l'Aire, à l'intérieur des zones de cheminement préférentiel d'écoulement des eaux de surface, comme indiqué dans la carte pour des événements exceptionnels tels que celui du 09.06.2024 (voir Figure 32). Ces sinistres semblent être liés à un cumul de phénomènes, notamment le refoulement des réseaux d'assainissement saturés et le ruissellement de surface résultant des fortes précipitations de l'orage.

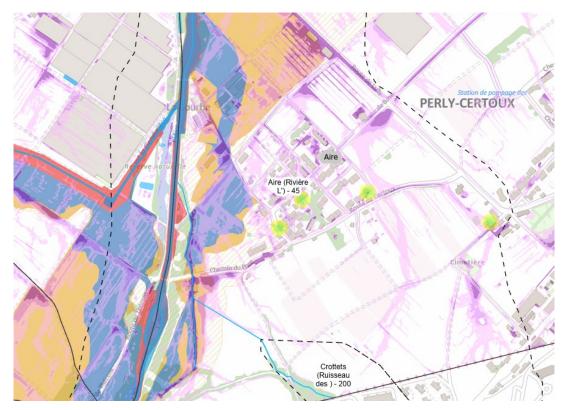


Figure 32: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et les témoignages (bassin versant de l'Aire sur Perly-Certoux)

L'Aire, en tant que cours d'eau cantonal, a fait l'objet de plusieurs travaux de renaturation et d'aménagement de mesures de protection contre les inondations depuis 2002. Ces actions ont permis de réduire significativement le risque d'inondation à un niveau acceptable. Lors de la visite effectuée sur site le 10.06.2024, il a été constaté que ces mesures avaient été efficaces pendant l'événement du 9 juin 2024.

Parmi les travaux réalisés, le réaménagement du secteur du dépotoir de Certoux, avec l'ajout d'un bras en rive droite au début de 2024 pour diminuer les contraintes érosives sur la rive gauche, a montré toute son efficacité. De plus, le système de peignes et de filets installé pour la rétention des flottants en amont de l'autoroute a permis de prévenir d'éventuels embâcles, remplissant ainsi sa fonction avec succès.

Enfin, la reprise de la lame déversante au niveau de la galerie de décharge de Confignon, réalisée en 2023, a joué un rôle essentiel dans la gestion optimale des débits, garantissant ainsi la sécurité du linéaire urbain de l'Aire.

Compte tenu de l'analyse des sinistres, de l'ampleur de l'événement et de la visite effectuée sur site le 10.06.2024, les objectifs cantonaux de protection contre les inondations liées aux crues sont considérés comme respectés.

L'aléa de ruissellement fait actuellement l'objet de réflexion pour améliorer la résilience du territoire face à l'augmentation du risque d'inondation dû à ce phénomène.

L'Arande

L'affluent de l'Aire, appelé l'Arande a subi un changement complet de sa trajectoire, le déviant sur le territoire genevois. Il s'agit également d'un cours d'eau cantonal en raison de sa qualité transfrontalière.

Sur le territoire français, les observations faites le 10.06.2024 indiquent que le cours d'eau est sorti de son lit juste en aval de la départementale française D1206 (route d'Annemasse), au niveau du coude, avant de marquer la limite franco-suisse et d'atteindre la zone d'expansion des crues en rive droite (voir Figure 33 et détails Figure 34).

Sur le territoire genevois, les débordements de l'Arande ont principalement eu lieu dans des zones concernées par un danger d'inondation faible et moyen (voir Figure 33). Ces inondations sont attendues à partir de temps de retours inférieurs à celui de l'événement du 09.06.2024.

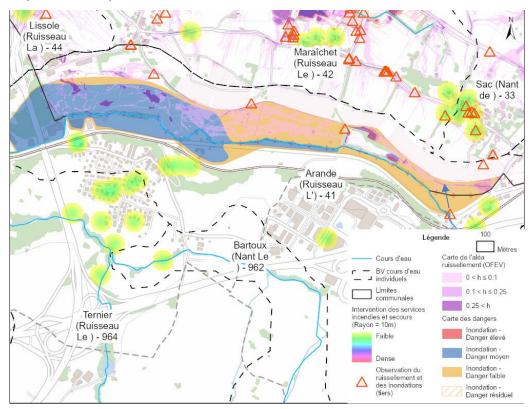


Figure 33: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et les témoignages (sous bassin versant de l'Aire : l'Arande)



Figure 34: Débordement majeur du lit de l'Arande

Un débordement à cet endroit pour un tel événement n'est pas problématique, la zone servant justement à tamponner les crues en amont de Saint-Julien-en-Genevois. Le problème est qu'une quantité de matériaux charriés, dont une grande partie était d'origine anthropique (couche de pavage, protection de berge) provenant de l'amont, se sont déposés au droit du coude, faisant un bouchon et déviant l'entier du cours d'eau dans les champs en rive droite. Ces eaux ne pouvaient plus retourner au cours d'eau et ont circulé le long du coteau de Bardonnex jusqu'aux gravières de Bardograves.

Les eaux de l'Arande remplissaient alors les gravières durant plusieurs heures, jusqu'à ce que le débit diminue suffisamment, permettant à l'eau de se perdre dans le terrain plus en amont avec pour conséquence un ravinement des parois de la gravière (voir Figure 35).

De fortes érosions sur le bord de la gravière ont également été documentées (voir Figure 35)



Figure 35: Témoignage photo au niveau de la gravière exploitée par Bardograves prises le 10.06.2024

Plusieurs chemins dont le chemin de Checande et le chemin du Bas-des-Côtes, en bordure du bassin versant de l'Arande, ont fortement été touchés par le ruissellement (voir Figure 36 et Figure 33).



Figure 36: Extrait vidéo prise le 10.06.2024, transmise par la commune de Bardonnex

Compte tenu de l'analyse des sinistres, de l'ampleur de l'événement et de la visite effectuée sur site le 10.06.2024, bien que les objectifs cantonaux de protection contre les inondations en cas de crue des cours d'eau cantonaux soient considérés comme respectés, la modification complète de chemin du cours d'eau sur la gravière nécessite une intervention d'urgence de correction du lit.

L'aléa de ruissellement fait actuellement l'objet de réflexion pour améliorer la résilience du territoire face à l'augmentation du risque d'inondation dû à ce phénomène.

Le Maraîchet, de la Fontainette et de la Lissole

Les bassins versants de trois affluents de l'Aire, appelés Le Maraîchet, la Fontainette et la Lissole ont particulièrement réagi à l'événement de pluie du 09.06.2024 et plusieurs sinistres ont été reportés majoritairement sur le territoire de Bardonnex, à la frontière entre Perly-Certoux et Planles-Ouates et sur l'A1.

Les zones de débordements des cours d'eau sont correctement identifiées dans les cartes de danger (voir Figure 37). De telles inondations sont donc conformes aux prévisions pour des événements hydrologiques exceptionnels tels que celui du 9 juin 2024.

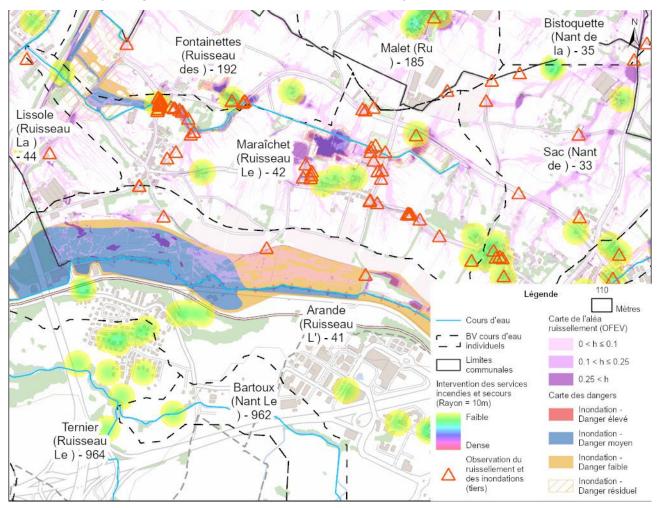


Figure 37: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et les témoignages (sous-bassin versant de l'Aire : le Maraîchet, Fontainettes et la Lissole)

La majorité des sinistres est reporté dans le bassin versant du Maraîchet et a eu lieu le long de cheminement préférentiel d'écoulement et d'accumulation des eaux de surface, telle qu'indiquée par les cartes d'aléa, et ce, spécifiquement en cas d'événement exceptionnel, comme celui du 09.06.2024 (voir Figure 38, cheminement préférentiels - traitillé rouge et zone accumulation - rond noir). Les crues du cours d'eau ont été identifiées dans des zones de dangers faibles, moyens et résiduels d'inondation. De telles inondations sont donc conformes aux prévisions pour des événements hydrologiques exceptionnels tels que celui du 9 juin 2024. Les sinistres reportés mentionnent l'inondation de sous-sols, l'accumulations d'eau devant des habitations, dans des jardins et des champs durant plusieurs heures et des accumulations importantes d'eau sur plusieurs heures sur des routes à fort trafic.

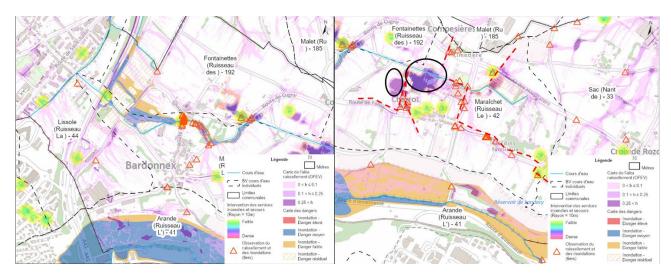


Figure 38: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et les témoignages (sousbassin versant de l'Aire : Le Maraîchet, Fontainettes et La Lissoles)

Plusieurs routes telles que les routes: de Fémé, de Foliaz, de Saconnex-d'Arve, de Bardonnex et des Hospitaliers ont reçu d'importante quantité d'eau de ruissellement en direction du Maraîchet. Selon différents témoignages certaines accumulations dépassaient les 20 cm (voir Figure 39).



Figure 39: Témoignage Rte de Fémé, croisement Rte de Foliaz (en haut), Route des Hospitaliers (en bas)

Plusieurs zones d'accumulation d'eau importante ont été reportées à divers secteurs de la commune. La zone agricole de Charrot a eu une accumulation d'eau dans les champs pendant plusieurs jours voire semaine. Cela a engendré d'importantes pertes de cultures au niveau de la zone agricole touchée, selon le témoignage des exploitants concernés.



Figure 40: Témoignage lieu-dit Charrot (ch. de la Baïonette)

Un fort apport d'eau par ruissellement est reporté sur la route de Cugny à l'interface d'une zone de danger d'inondation moyen et une intensité élevée d'inondation par l'aléa de ruissellement (plus de 25 cm) (voir Figure 41)

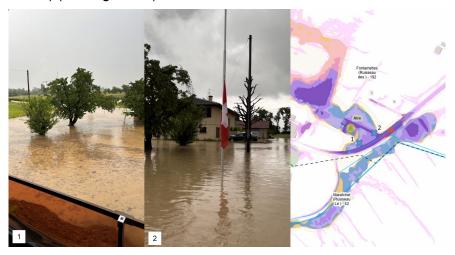


Figure 41: Témoignage, 55 route de Cugny

Le Maraîchet est sorti de son lit au niveau de l'engouffrement situé à l'amont de la route de Bardonnex, inondant le village de Bardonnex. Les témoignages font mention d'un important refoulement par les réseaux et de ruissellements importants depuis les champs. (voir Figure 42). L'inondation par le cours d'eau se poursuit sur les champs, sur la route de Bardonnex en contrebas et au pied de quelques bâtiments à proximité, conformément aux cartes de dangers et carte d'aléa de ruissellement.



Figure 42: Témoignage village de Bardonnex et rte de Bardonnex

La Fontainette est canalisée sous l'autoroute A1 sur une majorité de son linéaire. Lors de l'événement, un refoulement de la conduite a été observé sur l'autoroute A1 (voir Figure cidessous). Quelques sinistres sont reportés le long de cheminement préférentiel d'écoulement du bassin versant de la Fontainette.



Figure 43: Témoignage débordement sur l'A1

Le bassin versant de la Lissole a fait l'objet de plusieurs sinistres le long de cheminement préférentiel d'écoulement des eaux de surface, impactant particulièrement le territoire de Perly-Certoux. Un débordement de la Lissole en zone de danger faible et moyen d'inondation a été reporté au niveau de la zone industrielle, à proximité du cours d'eau. Une intervention directe des services de la commune sur l'engouffrement de la Lissole, situé route de Saint-Julien-en-Genevois, a permis de limiter les dommages (voir Figure 44).



Figure 44: Débordement de la Lissole (selon analyse post-événement)

Les cours d'eau du Maraîchet, la Fontainette et de la Lissole n'ont fait l'objet d'aucune mesure de renaturation ou de protection contre les inondations permettant d'atteindre les objectifs de protection cantonaux. Des mesures de sécurisation contre les inondations doivent être prises pour le respect des objectifs de protection cantonaux en collaboration avec la commune de Bardonnex. La gestion du risque lié au ruissellement est intégrée à la réflexion de protection contre les crues du cours d'eau qui est le récepteur de ces eaux.

Un projet de renaturation du Maraîchet avait été proposé dans le passé, mais n'avait pas pu aboutir, notamment à cause de l'opposition provoquée par l'impact foncier, sur des parcelles agricoles.

L'aléa de ruissellement fait actuellement l'objet de réflexion pour améliorer la résilience du territoire face à l'augmentation du risque d'inondation dû à ce phénomène.

Ru-Malet et le bassin versant de l'Arve sur la Commune de Plan-les-Ouates

L'affluent de l'Aire nommé le Ru-Malet également affluent du Voiret et une partie du bassin versant de l'Arve situé sur Plan-les-Ouates, ont particulièrement réagi à l'événement de pluie du 09.06.2024 et plusieurs sinistres ont été reportés (voir Figure 45). La commune de Plan-les-Ouates a tout de suite fait une analyse de l'événement sur laquelle s'appuie en partie l'analyse ciavant.

Les zones de débordements des cours d'eau sont correctement identifiées dans les cartes de dangers (voir Figure 45). Ces zones d'inondation peuvent être dues à un phénomène important de ruissellement et/ou à une crue du cours d'eau. De telles inondations sont conformes aux prévisions pour des événements hydrologiques exceptionnels tels que celui du 9 juin 2024.

La majorité des sinistres reportés dans ces bassins versants est à l'intérieur d'une zone de cheminement préférentiel d'écoulement des eaux de surface en cas d'événement exceptionnel comme celui qui a eu lieu le 09.06.2024 (voir Figure 45, traitillé rouge et zone accumulation - rond noir).

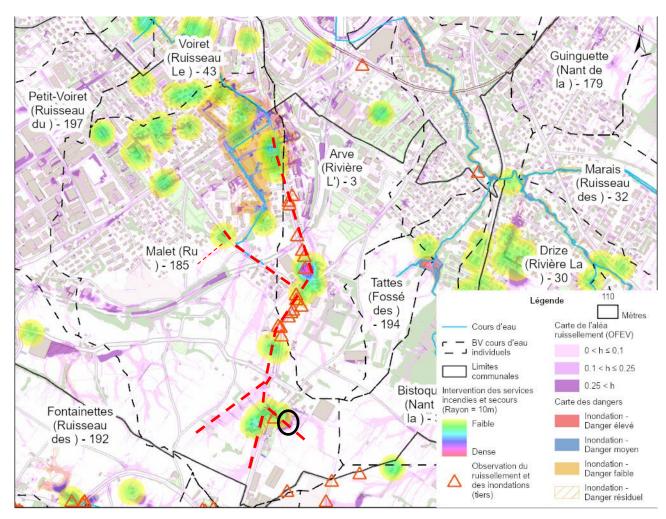


Figure 45: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et les témoignages (sousbassin versant de l'Aire : le Ru-Malet et bassin versant de l'Arve)

Plusieurs routes telles que les routes: de Saconnex d'Arve et des Chevaliers de Malte ont reçu d'importante quantité d'eau de ruissellement en direction du Ru-Malet. Selon différents témoignages, certaines accumulations dépassaient les 20 cm.

De nombreux témoignages ont été transmis sur la situation notamment à Saconnex-Dessus sur un ensemble d'habitations situé à l'aval d'une zone d'accumulation importante d'eau dont les garages ont été inondés sur 2 m. Les images montrent un cumul entre le débordement de la zone d'accumulation d'eau, dû à un fort apport sur la route de Saconnex d'Arve, et la circulation des véhicules sur cette même route au moment de l'événement, continuant à reporter l'eau dans les points vulnérables, notamment souterrains. (voir Figure 46).



Figure 46: Témoignages 267 Route Saconnex d'Arve – Plan-les-Ouates

Le rapport de la commune fait état d'un fort ruissellement en provenance des Grandes Raisses. Celui-ci a contribué à l'inondation de la distillerie et a alimenté le ruissellement sur la route de Saconnex-d'Arve.



Figure 47: Extrait du rapport établi par la commune de Plan-les-Ouates – Distillerie

Un ensemble d'habitations situé le long de la route de Saconnex d'Arve ainsi que l'EMS Happy Days, le long de la route des Chevaliers de Malte, ont été inondés (voir Figure 48 et Figure 49)



Figure 48: Témoignages au croisement Route Saconnex d'Arve et Route du Camp – Plan-les-Ouates

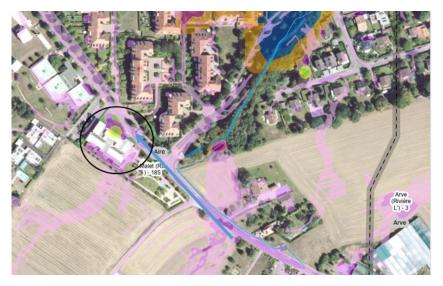


Figure 49: Accumulation d'eau autour de l'EMS Happy Days situé dans un point bas et vulnérable

Les milieux agricoles ont également été fortement impactés par l'événement.

Le Ru-Malet n'a fait l'objet d'aucune mesure de renaturation ou de protection contre les inondations permettant d'atteindre les objectifs de protection cantonaux. Des mesures de sécurisation contre les inondations doivent être prises pour le respect des objectifs de protection cantonaux en collaboration avec la commune de Plan-les-Ouates. La gestion du risque lié au ruissellement est intégrée à la réflexion de protection contre les crues du cours d'eau, qui est le récepteur de ces eaux.

Le cours d'eau du Ru-Malet a fait l'objet de demandes en autorisation de construire pour des mesures de protection contre les crues au niveau du chemin du Pré-du-Camp.

L'aléa de ruissellement fait actuellement l'objet de réflexions pour améliorer la résilience du territoire face à l'augmentation du risque d'inondation dû à ce phénomène.

3.2.3 L'Arve

Le bassin versant de l'Arve a également été touché par l'événement, avec une forte densité de sinistres sur Plan-les-Ouates et une densité moyenne sur Carouge et Veyrier (voir Figure ci-dessous).

Aucun sinistre n'a été reporté en raison d'une crue de l'Arve.

La majorité des sinistres reportés sont à l'intérieur d'une zone de cheminement préférentiel d'écoulement des eaux de surface en cas d'événement exceptionnel comme celui qui a eu lieu le 09.06.2024 (voir analyse Plan-les-Ouates chapitre 3.2.2).

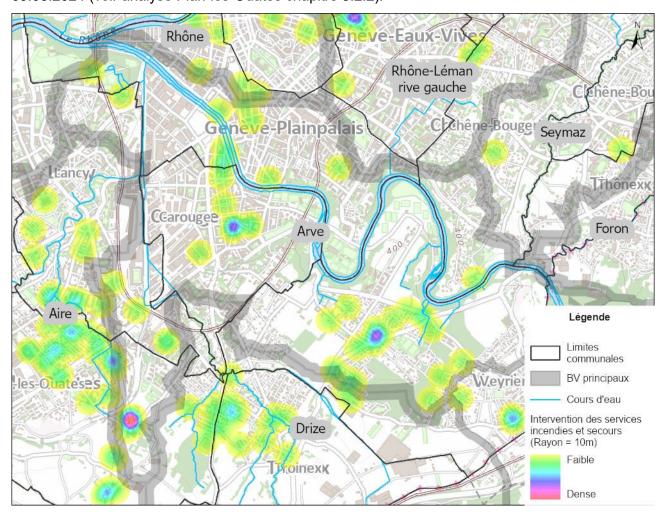


Figure 50: Densité des sinistres reportés sur le bassin versant principal de l'Arve

Le plateau de Vessy et le Grand-Donzel ont été particulièrement impactés dans des zones d'accumulation importante d'eau selon la carte d'aléa de ruissellement (> 25 cm selon la carte d'aléa de ruissellement, voir Figure 51). Les témoignages indiquent un fort refoulement par les réseaux dans ces mêmes secteurs.

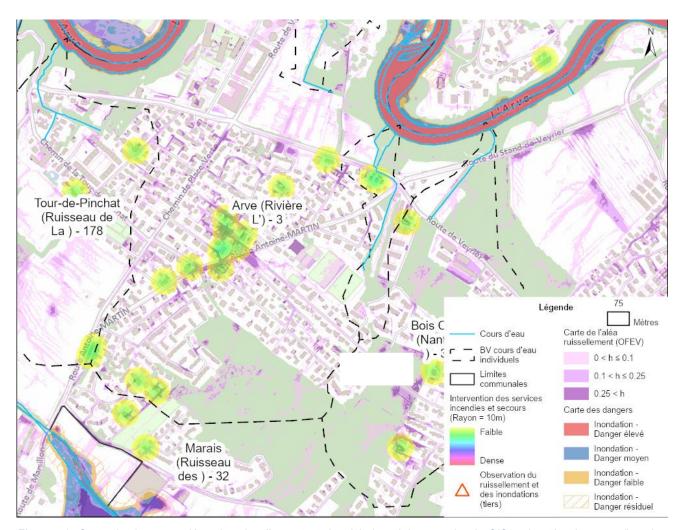


Figure 51: Carte de dangers, aléas de ruissellement et densité des sinistres selon le SIS et les témoignages (bassin versant de l'Arve sur Veyrier)

Les cheminements préférentiels de l'eau observés suivent les prévisions des cartes d'aléa de ruissellement. Les réseaux d'évacuation ne sont pas dimensionnés pour des événements de cette ampleur. Ainsi, le refoulement par les réseaux peut également contribuer aux inondations.

L'aléa de ruissellement fait actuellement l'objet de réflexion pour améliorer la résilience du territoire face à l'augmentation du risque d'inondation dû à ce phénomène.

4 MESURES ET ETUDES RÉALISÉES, EN COURS OU À VENIR

4.1 Mesures urgentes (réalisées)

Les premières mesures ont été la réponse rapide du Service d'incendie et de secours (SIS).

Le Service de l'aménagement des eaux et de la Pêche (SAEP) s'est rendu sur les principaux cours d'eau pour des observations de terrain dès le lendemain de l'événement.

Les mesures urgentes décrites ci-après sont les travaux et entretiens entrepris après ces observations et suite aux témoignages des riverains nécessitant une intervention rapide pour des questions de sécurité.

Stabilisation de la niche d'érosion sur la Drize

La niche d'érosion observée le 10.06.2024 par l'Office cantonal de l'eau, Service de l'aménagement des eaux et de la Pêche (SAEP) a pu être stabilisée par des travaux d'urgence qui se sont terminés à l'automne 2024 (voir Figure 52).

Les éléments à risque construits en bordure du cours d'eau ont été supprimés.



Figure 52: Situation niche d'érosion Drize km 2.65-2.8 (Gauche : Avant travaux, Droite: Après Travaux)

Rétablissement du lit sur l'Arande

Une intervention d'urgence coordonnée entre la communauté de communes du Genevois (CCGE - France), l'Office cantonal de l'eau (OCEau – Suisse) et la commune de Bardonnex, pour corriger le lit de l'Arande suite à son débordement, a été menée dès le 10.06.2024 avec une réception des premiers travaux le 14.06.2024 puis de l'aménagement consolidé en octobre 2024 (voir Figure 53).





Figure 53: Situation débordement Arande (France) (haut : Avant Travaux, en bas : Après Travaux)

Entretien du lit et engouffrement du Maraîchet

• Le nettoyage du lit du Maraîchet, en amont de la route de Bardonnex, ainsi que celui de la grille d'engouffrement sous cette même route, ont été effectués par la commune de Bardonnex dans les semaines suivant l'événement.

Entretien de l'engouffrement de la Fontainette

• Nettoyage de l'engouffrement pour le passage en conduite sous l'A1 après événement par les communes de Plan-les-Ouates et Bardonnex.

Entretien de l'engouffrement et mesures préventives sur la Lissole

Les mesures suivantes ont été prises au niveau de la Lissole:

- Nettoyage de l'engouffrement situé route de Saint-Julien-en-Genevois pendant et après l'événement par la commune de Plan-les-Ouates.
- Suppression des éléments déposés illégalement sur le lit du cours d'eau (passerelle en bois) en amont de l'événement.

4.2 Mesures à court et moyen terme

- Mise à jour du cadastre des événements;
- Définition d'un plan d'action, avec les priorités, par la commune pour la gestion du risque d'inondation sur son territoire : premiers travaux prévus en 2025. Le plan d'action inclut la gestion du ruissellement et sa réception par le cours d'eau.
 - Première action : Modification de l'engouffrement du Maraîchet à l'amont de la route de Bardonnex;
 - Plan d'entretien consolidé des cours d'eau communaux et application dès 2025;
- Définition d'un concept ruissellement pour la gestion du risque lié au ruissellement sur le territoire Genevois, définition de lignes directrices pour se protéger contre les inondations et définition des actions et priorités de l'État;
- Déploiement des mesures de protection à différents niveaux (État, communes, privés). Les rôles doivent être précisés;
- Études et actions coordonnées Suisse-France sur l'analyse et la gestion des risques d'inondation avec un impact transfrontalier. Prochaine étape: Consolidation des cartes de dangers pour une vision transfrontalière;
- Collaborations avec les privés et les communes pour les actions coordonnées de réalisation de mesures de protection contre les inondations;
- Séances d'information publiques ;
- Déploiement des mesures selon la planification du plan général d'évacuation des eaux (PGEE) pour améliorer les réseaux.

4.3 Rôle et actions du service aménagement des eaux et de la Pêche (SAEP)

L'événement météorologique du 9 juin a mis en lumière l'importance du travail mené sur le long terme par le Service de l'aménagement des eaux et de la Pêche (SAEP). Grâce à une connaissance approfondie des rivières, à l'élaboration des cartes des dangers d'inondation et aux mesures d'aménagement du territoire mises en place ces dernières années, l'impact de cette

catastrophe météorologique exceptionnelle a pu être atténué sur les secteurs sur lesquels des mesures ont été prises.

Les collaborateur-trices du SAEP, issu-es de ses différents secteurs, ont joué un rôle clé dans la documentation des événements et l'identification des sinistres, afin d'adopter les mesures d'urgence nécessaires et de planifier des actions à court, moyen et long terme. Les principales interventions peuvent être résumées comme suit :

- Travail de fond réalisé en amont : L'établissement des cartes des dangers d'inondation, l'analyse du fonctionnement des cours d'eau et des processus de ruissellement, ainsi que la mise en place d'actions correctives et de sécurisation des rivières ont permis de réduire le nombre de sinistres. De plus, la coopération transfrontalière, notamment sur l'Arande, a renforcé la gestion des inondations.
- Anticipation avant l'événement (7-8 juin) : Bien que les orages soient difficiles à prévoir avec précision, une pré-alerte a été déclenchée concernant une possible crue de l'Arve. Finalement, cette rivière n'a pas connu d'événement majeur, mais cette vigilance a permis de mobiliser les ressources adéquates en cas d'aggravation de la situation. Les différents briefings MétéoSuisse ont permis aux équipes à se préparer à un éventuel événement.
- Suivi en temps réel le 9 juin : Les précipitations ont été surveillées en continu (cumul et intensité), et plusieurs collaborateur-trices sur le terrain ont pu observer directement l'ampleur des inondations, contribuant ainsi à une première évaluation des impacts.
- Constat et premières actions le 10 juin : Dès les premières heures du lendemain, les linéaires des cours d'eau les plus touchés, notamment la Drize et l'Aire, ont été parcourus pour constater les dégâts, prioriser les interventions d'urgence et recueillir des informations cruciales pour la compréhension des processus hydrologiques. Laisses de crue, érosions, embâcles et dysfonctionnements ont été documentés pour alimenter les futures analyses.
- Coordination des mesures d'urgence (12-14 juin): Une action spécifique a été menée sur l'Arande sous la direction de la Communauté de communes du Genevois (CCGE) afin de remettre la rivière dans son lit et éviter de nouveaux débordements.
- Premières mesures correctives : courant de l'automne, une action corrective sur la Drize a permis la mise en place d'un caisson végétalisé pour stabiliser les berges et lutter contre l'érosion qui mettait en péril une parcelle en rive droite.
- Retour d'expérience et planification d'actions : Dans les semaines suivantes, des dizaines de témoignages ont été recueillis, un cadastre des sinistres a été établi sur la base des interventions du SIS, et des échanges avec les communes concernées ont permis d'identifier les priorités d'action. Des études ont été lancées, notamment sur Plan-les-Ouates (RCI), et l'événement a été intégré aux travaux en cours de l'Office cantonal de l'eau, en particulier sur l'hydrologie de l'Aire et la modélisation des phénomènes de ruissellement dans le cadre de la stratégie en cours d'élaboration.

Par son expertise et sa réactivité, le service de l'aménagement des eaux et de la pêche (SAEP) a su mobiliser ses compétences avant, pendant et après l'événement, permettant ainsi de limiter les dommages malgré un phénomène météorologique d'une ampleur exceptionnelle. Ce travail de terrain, associé aux analyses hydrologiques et aux actions préventives mises en place depuis plusieurs années, démontre l'importance d'une gestion intégrée des risques, du suivi continu des dynamiques fluviales et des phénomènes de ruissellement pour anticiper et mieux gérer ces événements extrêmes à l'avenir.

4.4 Études et compléments d'études depuis l'événement

- Déploiement d'une application de documentation des événements d'inondation distinguant les sources d'inondation à l'attention des communes pour alimenter le cadastre événement de Genève (Survey 123 – dès été 2024).
- Établissement du présent rapport d'analyse de l'événement pour mieux le comprendre et garder une trace pour mieux appréhender les suivants (réalisé), y compris récolte des témoignages des riverains;
- Révision des statistiques de pluies, par le biais de la mise à jour de la Directive « Intensité-Durée-Fréquence » (IDF) pour mieux caractériser les précipitations / temps de retour (TR) et les objectifs de protection en découlant - premier semestre 2025 :
 - Confronter la méthodologie IDF 2009 avec les nouvelles observations et état de la science;
 - Analyser série temporelle supplémentaires : 15 années de mesures en +, et nouvelles stations;
 - Mise en évidence relative de la non stationnarité;
 - Production directive IDF et explication : IDF actuel, IDF pour dimensionnement (tentative d'extrapolation de la non stationnarité observée).
- Amélioration de la compréhension des phénomènes et des actions à mener sur le territoire (formation continue des ingénieurs hydrologues cantonaux):
 - Participation actives aux événements MétéoSuisse pour formation continue et amélioration des connaissances des phénomènes actuels, leurs prévisions, et l'évolution de ceux-ci avec le changement climatique. Préparation aux enjeux et aux défis des prochaines décennies.
- Concept ruissellement (établi en 2024) :
 - Élaboration, proposition et validation au sein de l'OCEau d'un concept de gestion intégrée, visant la protection contre le ruissellement de surface;
 - o Organisation des études et des actions à mener dès 2025 au niveau de l'OCEau;
 - Accompagnement des communes, ainsi que des privés, dans la gestion de ce risque.
- Complément ruissellement sur études de protection contre les inondations des cours d'eau en cours:
 - Maraîchet-Lissole (Bardonnex);
 - Ru-Malet (Plan-les-Ouates)
- Simulation sur le BV de l'Aire urbain post-galerie de décharge pour évaluer les risques pour un événement similaire.

4.5 Gestion du risque de ruissellement

Dans le cadre de la mise en œuvre du concept « ruissellement » mentionné ci-dessus, un guide technique sera élaboré. L'objectif de ce guide sera de définir des principes, règles et bonnes

pratiques dans la gestion de l'aléa de ruissellement, à l'attention de l'ensemble des acteur-trices clés du territoire. Il sera développé en 2025, en parallèle des autres actions du plan d'action.

Sur la base de l'analyse de l'événement du 9 juin 2024, les principes majeurs qui ressortent et qui permettent une gestion des eaux de ruissellement, sont :

- Maintenir les chemins préférentiels d'écoulement jusqu'à l'exutoire;
- Ralentir les écoulements (maintien des rétentions naturelles, renforcement selon opportunité de ces rétentions);
- Favoriser les mesures de protection collectives plutôt qu'individuelles.

Les leviers d'actions et les intervenants clés sont multiples pour améliorer la résilience du territoire face au phénomène de ruissellement, en cas d'orage exceptionnel, et face aux crues des petits cours d'eau, comme ce fut le cas le 9 juin 2024. Des interventions sont à prévoir sur les réseaux, les routes, les cours d'eau au niveau de l'aménagement du territoire etc.

5 CONCLUSIONS

L'événement du 09.06.2024 est un événement considéré comme historique et exceptionnel, en prenant en compte l'ensemble des informations à notre disposition, depuis le début des mesures hydrométriques sur le canton, et des témoignages reçus. Ce rapport a permis d'analyser toutes ces données, et de proposer une synthèse de ces observations, qui confirme le caractère horsnorme de cet épisode.

L'analyse des sinistres, démontre que pour les cours d'eaux cantonaux ayant fait l'objet de travaux de renaturation et de mesures de protection contre les inondations, les dégâts ont été très limités et que les objectifs de protection ont été globalement atteints. Cette crue d'ampleur historique souligne ainsi l'importance des efforts continus d'aménagement et de renaturation des cours d'eau pour renforcer la résilience du territoire face aux événements extrêmes.

Par contre, les principaux dégâts observés sont dus au ruissellement de surface, phénomène complexe et dont l'intégration dans la gestion des dangers naturels doit être améliorée.

La gestion du risque d'inondation par le ruissellement a fait l'objet d'une réflexion spécifique au cours du 2ème semestre 2024, en raison de sa complexité et de la diversité des acteur-trices concerné-es par cette thématique. L'objectif est de pouvoir mettre en œuvre le concept de gestion du ruissellement, au travers d'un plan d'action avec des priorités, ainsi que des lignes directrices pour guider les différents intervenants dans la gestion de ce risque.

L'État a pour objectif de mettre à disposition des communes et des particuliers les outils permettant d'améliorer la gestion de ce risque. Les privés ont également un rôle important à jouer dans la réduction de leur vulnérabilité face au ruissellement, tout en assurant que le risque n'est pas reporté aux parcelles voisines.