

# AMÉLIORER LA CONNAISSANCE DES TUFIÈRES POUR UNE MEILLEURE GESTION, VALORISATION ET RESTAURATION



## RETOURS SUR LA JOURNÉE D'ÉCHANGES TECHNIQUES TENUE LE 2 DÉCEMBRE 2024



Organisée par



Avec la participation de



Financée par



Peu étudiées à l'échelle de l'hexagone et largement méconnues du grand public, ainsi que de nombreux acteurs territoriaux (collectivités, communes, communautés de communes, etc.), les tufières jouent un rôle majeur face aux enjeux socio-environnementaux, en particulier dans le contexte du changement climatique.

Bien que très sensibles aux activités anthropiques environnantes, ces milieux, complexes par leur fonctionnement, présentent des fonctionnalités et des services rendus multiples. En effet, ils constituent des réservoirs de biodiversité, où se développent des espèces endémiques et remarquables. Par leur fonctionnement progadant, les tufières sont définies comme des mémoires des évolutions passées, qu'elles soient environnementales (climats et végétation notamment) ou anthropiques. Outre ces aspects, les tufières jouent un rôle tampon en soutenant les débits en période d'étiage par le ralentissement des écoulements et améliore la qualité des eaux en retenant des éléments en suspensions ou dissouts, tels que certains polluants.

## LE PROJET REZOH-TUF : LA COLLABORATION D'UN RÉSEAU D'EXPERTS POUR UNE APPROCHE PLURIDISCIPLINAIRE

En réponse aux appels à projet « Eau et Biodiversité 2021 » de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse (AERMC) et « Biodiversité Ordinaire » de la Région Auvergne-Rhône-Alpes, le projet Rezoh-tuf a démarré en novembre 2021 pour se clôturer en décembre 2024. La zone d'étude du projet concerne donc la juxtaposition entre le bassin Rhône-Méditerranée-Corse et la région Auvergne-Rhône-Alpes, correspondant approximativement à l'ancienne région Rhône-Alpes.

Si l'association IFREEMIS est porteuse de ce projet, la volonté était de rassembler une équipe pluridisciplinaire afin de répondre efficacement à la complexité des tufières. Le projet s'est alors déployé en trois phases distinctes, comprenant des objectifs et des actions distincts.

*« L'IFREEMIS se place comme point de rencontre des différentes disciplines, et ne se substitue pas à d'autres structures comme les CEN (Conservatoires d'Espaces Naturels), Réserves Naturelles de France, les universités, mais existe pour créer du lien entre ces différentes structures afin de monter des projets de conservation et de gestion des milieux souterrains. »*

Roger Estève, président d'IFREEMIS

### L'équipe du projet Rezoh-tuf

- IFREEMIS comme porteur de projet et expert dans l'étude des dynamiques hydrogéochimiques et géomorphologiques des tufières
- le laboratoire EDYTEM (Environnements, DYnamiques et TErritoires de Montagne) comme expert en géographie physique sur les systèmes karstiques
- le CEN Auvergne-Rhône-Alpes apportant son aide sur la gestion et la conservation des espaces naturels
- le bureau d'études Styx4D spécialisé dans l'acquisition 3D et l'analyse géomorphologique

## Les différentes phases du projet Rezoh-tuf



### Objectifs

- Définir les enjeux et les menaces pour la conservation des tufières
- Inventorier les tufières et sélectionner cinq sites pilotes

### Objectifs

- Mener des suivis expérimentaux et reproductibles
- Conduire des travaux de restauration sur les sites pilotes

### Objectifs

- Diffuser un guide technique sur la gestion et la restauration des tufières
- Construire un plan d'action « Marathon du tuf » pour la restauration de 42 tufières
- Organiser une journée d'échanges techniques

## Méthode d'identification des sites pilotes et des tufières pour le « Marathon du tuf »

Dans le cadre du projet, deux appels à participation ont été lancés pour inventorier les tufières présentes sur la zone d'étude et centraliser les données existantes. Le premier, réalisé lors de la phase 1, a permis d'identifier, à l'aide de critères de sélection, les cinq sites pilotes, parmi lesquels un site de référence a été intégré. Ainsi, les sites pilotes sont la tufière de la Touvière (étudiée au cours de cette journée d'échanges techniques) ; la tufière de Révaou ; la tufière de Darne ; la tufière des Vauthières ; la tufière de Choranche (site de référence). Le deuxième appel à participation, lancé pour la construction du plan d'action « Marathon du tuf », a renforcé les premiers résultats obtenus et permis d'atteindre un total de 775 tufières référencées.

## Retours d'expériences sur la première phase du projet

La journée d'échanges techniques a été l'occasion de présenter le projet Rezoh-tuf et plus particulièrement des retours d'expériences. Parmi eux figure la faible mobilisation des acteurs locaux aux appels à participation, non pas par désintérêt du projet, mais simplement par une non-connaissance de ce qu'est une tufière. Toutefois, cette observation reste à relativiser face à des territoires présentant une absence de données et d'inventaires, tel que la Nouvelle-Aquitaine.

Un autre point évoqué relève que seulement 30 % des tufières recensées avaient un état de conservation défini, soit par des gestionnaires ou soit par des naturalistes. Cette analyse peut être associée à une connaissance souvent hétérogène et mono-disciplinaire des opérateurs locaux. Les fonctionnements bio-physico-chimiques, les fonctionnalités et les menaces relatives aux tufières sont, à l'échelle de leur système, souvent méconnues et limitent ainsi la définition d'un état de conservation. De plus, certaines tufières jugées dégradées par les opérateurs locaux, peuvent après une analyse pluridisciplinaire sur le terrain avoir un état de conservation relativement correct.

Lors de la phase 1, les enjeux de maîtrises foncières ont été limitants pour la réalisation des travaux expérimentaux sur certains sites pilotes. Les tufières de la Touvière et des Vauthières, situées dans le massif des Bauges, présentaient au démarrage du projet une absence de maîtrise foncière mais ont tout de même été sélectionnées grâce au soutien des collectivités et acteurs locaux. Cependant, l'accord des propriétaires privés reste indispensable pour mener les actions prévues. Sur le site des Vauthières, où une dizaine de propriétaires sont concernés, cette situation a contraint la réalisation des travaux durant le projet Rezoh-tuf. Ces derniers ont donc été reportés dans le « Marathon du tuf » afin d'avoir une plus longue temporalité pour obtenir les autorisations des propriétaires.

### Propriétaires et acteurs gérant les différents sites pilotes

- tufière de la Touvière : propriétaires privés, communauté d'agglomération Grand Chambéry, Parc Naturel Régional du massif des Bauges, CEN de Savoie
- tufière des Vauthières : propriétaires privés, commune de Gruffy, Parc Naturel Régional du massif des Bauges, CEN de Haute-Savoie
- tufière de Révaou : commune de Vallon-Pont-D'Arc (propriétaire), Syndicat de gestion des gorges de l'Ardèche
- tufière de Darne : commune de Saint-Martin-Clelles (propriétaire), Conseil départemental de l'Isère, CEN de l'Isère, Parc Naturel Régional du Vercors
- tufière de Choranche : site de Choranche et Parc Naturel Régional du Vercors

« Le très faible taux de réponse à l'appel à participation montre le manque de connaissances sur les tufières, gérées pour la plupart par des gestionnaires d'espaces naturels. »

Elodie Lecornu, directrice d'IFREEMIS



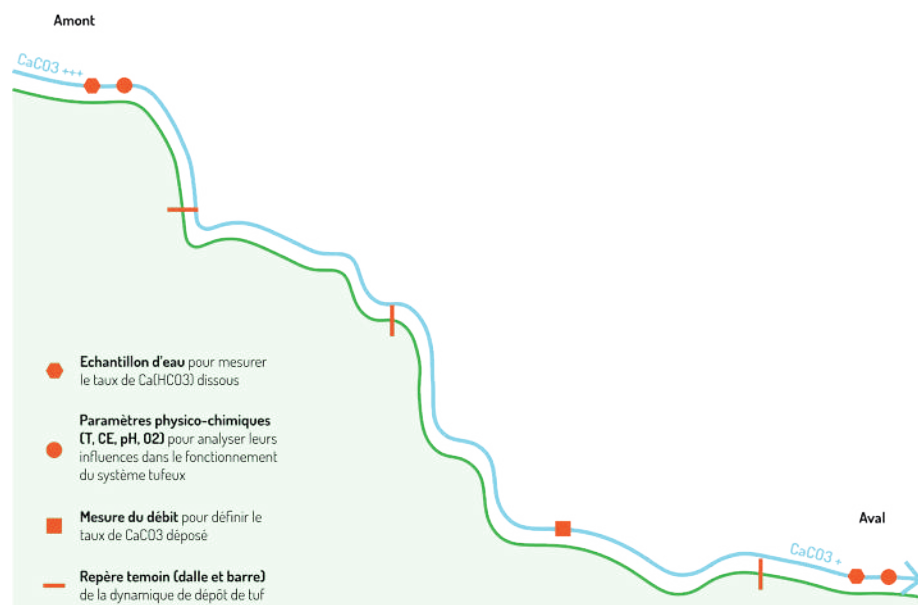
La journée d'échanges techniques comprenait la visite de deux tufières : la tufière des sources du Bontey et la tufière de la Touvière ; deux sites parlants pour effectuer des retours d'expériences sur l'ensemble des actions réalisées sur ces sites et plus généralement sur les 5 sites pilotes du projet Rezoh-tuf

## RETOURS D'EXPÉRIENCES SUR LES SUIVIS PHYSICO-CIMIQUES MIS EN PLACE SUR LES TUFIÈRES

### Les suivis hydrogéochimiques : indicateur de l'état de fonctionnement d'une tufière

La visite du site de la Touvière a permis de revenir sur la méthodologie du suivi hydrogéochimique déployée sur l'ensemble des sites pilotes. Ce protocole de terrain, réalisé à intervalle régulier durant 18 mois, a été développé pour quantifier le dépôt de tuf (vitesses et volumes) et définir les principaux paramètres intervenant dans les processus de dépôts sur chaque site. Se renseigner sur ces différents indices permet d'évaluer l'efficacité de la tufière à déposer du tuf et de définir son état de fonctionnement. La figure suivante permet de visualiser les différents relevés et échantillonnages réalisés dans le cadre des suivis hydrogéochimiques.

Une des limites concernant la méthode utilisée est l'utilisation d'un laboratoire portatif, nécessitant une certaine logistique pour le transport de la verrerie et la conservation des solutions tampons, ainsi que des connaissances en analyse chimique des eaux naturelles. De ce fait, cette méthodologie n'est pas forcément reproductible par les opérateurs locaux. En revanche, l'un des principaux avantages de cette méthode réside dans l'analyse pratiquement immédiate des échantillons après leur prélèvement, permettant d'être au plus proche des conditions chimiques réelles des écoulements tufeux.



Protocole du suivi hydrochimique mis en place sur les tufières pilotes du projet Rezoh-tuf ; © IFREEMIS

### La tufière de la Touvière : un site pilote du projet Rezoh-tuf aux caractéristiques et dysfonctionnements complexes

Également inscrit dans le plan d'action « Tufières du massif des Bauges », la tufière de la Touvière est un site pilote du projet Rezoh-tuf. En effet, ce site présente des caractéristiques particulières, en dévoilant notamment un parcours cascasant avec plusieurs morpho-dynamiques d'écoulements, à savoir diffus ou concentrés. La tufière est également intéressante car au-delà de ces parcours cascadants actifs, des systèmes fossiles sont également présents et témoignent d'évolutions naturelles ou anthropiques complexes.

Un autre critère de sélection est la présence de nombreux dysfonctionnements :

- un captage au niveau de la source réduisant le débit réel ;
- un trop-plein redistribuant l'eau sur un parcours annexe et non sur la tufière initiale ;
- un enrésinement spontané depuis les années 1960 générant une acidification des sols et des écoulements non favorables au dépôt de tufs

L'ensemble de ces éléments a permis de justifier le déploiement d'opérations expérimentales (suivis et travaux), pour lesquelles des retours d'expériences ont été partagés au cours de la journée.



Écoulement chenalisé sur la tufière de la Touvière avant la phase de travaux ; © IFREEMIS

## La mise en place de repères témoins pour mesurer l'encroûtement et le dépôt de tuf

En complément de ce protocole, la mise en place de repères témoins a été expérimentée sur les 5 sites pilotes, ayant pour objectif de mesurer le dépôt de tuf à l'aide d'une méthode simplifiée. Pour se faire, l'installation de tubes métalliques sur des emplacements stratégiques a été menée sur l'ensemble des sites pilotes. En fonction des contextes des sites, les résultats s'avèrent assez disparates. Sur la tufière de Révaou, le repère témoin de 20 cm de long s'est retrouvé totalement recouvert par le tuf en seulement une année. En revanche, sur le site de la Touvière, aucun encroûtement ne s'est formé.



Repère témoin installé en juillet 2023 au sein de la tufière de Révaou; © IFREEMIS



En juin 2024, le repère témoin installé est recouvert en quasi totalité; © IFREEMIS

Dans cette même logique, des dalles de travertin ont également été installées dans les écoulements actifs des sites pilotes. Le choix de repère témoin en travertin n'est pas anodin et a pour objectif d'observer d'éventuelles phases érosives. Pesées à intervalles réguliers, le principe est de quantifier la vitesse et le volume de tuf déposé ou érodé. Néanmoins, cette méthode peut comporter un biais de mesure dans les systèmes accumulant une certaine quantité de matière organique (feuilles, branchage, etc). En effet, les dépôts mêlant matière organique et tuf sont très fragiles et peuvent lors de l'extraction des dalles ou des pesées bien plus facilement casser, entraînant donc une sous-estimation des résultats.



Exemple de dalle de travertin mise en place sur les sites pilotes du projet; © IFREEMIS

## Des méthodes expérimentales simples et reproductibles par les gestionnaires

Ces méthodes pensées pour les gestionnaires demandent peu de connaissances et de compétences dans le domaine de l'hydrogéochimie et est également très accessible financièrement. Leur efficacité dépend néanmoins du type d'écoulement et de la position des repères, à savoir perpendiculaire à l'écoulement pour les tubes et immergée tout au long de l'année pour les dalles. Cela nécessite donc de connaître un minimum la dynamique hydrologique des tufières suivies.

*« Les supports témoins que nous avons utilisés restent des témoins ludiques et pédagogiques, ce qui en fait une bonne méthode pour expliquer le fonctionnement d'une tufière au grand public par exemple. »*

Elodie Derlande, chargée de mission d'IFREEMIS



## Les bryophytes : indicateur de l'état de conservation des tufières

Lors de la visite de la tufière des sources du Bontey, Pauline Debay, bryologue au CBNA, a présenté le protocole mis en place pour le suivi des bryophytes. Les bryophytes sont très sensibles aux variations du milieu (qualité et quantité d'eau, luminosité, température...) et réagissent de manière plus fine et rapide que la flore vasculaire face aux évolutions naturelles ou anthropiques. Ces caractéristiques en font d'excellents indicateurs pour les suivis, notamment dans le cadre de travaux de restauration.

Pour les protocoles de suivi, l'un des enjeux initiaux consistait à installer des transects sur des zones stratégiques, plutôt que de les disperser sur la tufière. Ce choix, appliqué à l'ensemble des sites pilotes, permet de limiter les déplacements et le piétinement afin de préserver les tufières. Cependant, la bryologue souligne la difficulté d'installer des transects sur le site des sources du Bontey. Ce site présente des contraintes pour le suivi des bryophytes typiques des milieux tufeux : une accessibilité limitée, des débits d'eau très variables d'une année à l'autre, voire au cours de la même année, ainsi que des incrustations et des dépôts continus. La mise en place de quadrats à plat est difficile, et la sécurité de l'observateur est faillible sur ce site (risques de glissades). Pour ces raisons, aucun suivi régulier n'est réalisé sur la tufière des sources du Bontey.

Le choix initial de la mise en place des transects dépend de l'accessibilité, de la reproductibilité des quadrats d'une année à l'autre, et des travaux de restauration envisagés. Deux à trois transects de 10 mètres de long ont été mis en place sur les sites pilotes, où des quadrats de 30 x 30 cm ont été installés le long des transects, eux-mêmes subdivisés en 9 sous-quadrats. Cette méthodologie a pour objectif de multiplier les reliquats et ainsi obtenir des résultats fiables. Dans le cadre du projet Rezoh-tuf, un guide sera publié, présentant une dizaine d'espèces, ainsi que les valeurs indicatrices de l'activité des dépôts tufeux et le niveau de trophie.

*« Les bryophytes constituent un excellent indicateur pour mesurer l'état de conservation d'une tufière. Groupe ingénieur des tufières, elles vont servir de support pour la fixation de carbonates de calcium (aussi appelés tufs) en plus d'intensifier le phénomène de dépôts via la photosynthèse et la production d'oxygène. »*

Pauline Debay, bryologue au CBNA



La tufière des sources du Bontey : un site de référence des édifices tufeux à l'échelle du massif des Bauges

La tufière des sources du Bontey n'est pas l'un des sites étudiés dans le cadre du projet Rezoh-tuf, mais intègre le plan d'action « Tufières du massif des Bauges », lancé en 2015. Elle reste toutefois un site de référence pour l'ensemble des tufières du massif, justifiant sa visite lors de la journée d'échanges techniques.

La tufière des sources du Bontey, caractérisée par un parcours cascade au profil très vertical, présente un fort potentiel de valorisation. En effet, elle est l'une des rares tufières facilement accessibles et bénéficie de la proximité de sites patrimoniaux (fort et abbaye de Tamié). L'un des enjeux consiste à valoriser ce site tout en le préservant, notamment en évitant le piétinement pour prévenir toute dégradation.

Un contexte favorable a permis la création d'une plateforme d'observation, offrant une vue sur la tufière sans y accéder, ainsi qu'un cadre d'observation adapté pour sensibiliser le grand public.

Plateforme, cadre d'observation et sentier d'accès ont donc été créés en concertation avec les acteurs gestionnaires et les propriétaires privés, illustrant une gestion et une valorisation exemplaires d'un site tufeux.

## Le suivi du *Cordulegaster bidentata* : une espèce sensible aux modifications de son milieu et indicatrice de la qualité des eaux

Dans le cadre du projet Rezoh-tuf, les suivis biologiques se sont également concentrés sur le *Cordulegaster bidentata*, une libellule qui s'installe notamment dans les sources incrustantes, telles que les tufières et les bas-marais alcalins. Cette espèce est particulièrement sensible aux modifications de son environnement, notamment à la pollution, aux captages en eaux et au piétinement.

Lors de la sortie terrain sur la tufière des sources du Bontey, Jean-Michel Faton, odonatologue bénévole au groupe Sympetrum, a partagé son retour d'expérience sur les suivis menés dans le cadre du projet Rezoh-tuf. Tout comme les bryophytes, des transects ont été mis en place, leur nombre étant de deux à trois en fonction des tufières. Les transects, établis sur 150 mètres de long, avaient pour objectif le recensement des imagos (adultes volants), larves et exuvies présents sur les sites tufeux. Quatre passages entre mai et août ont ensuite été réalisés en commençant par la recherche des larves.

Le *Cordulegaster bidentata* pond exclusivement dans des zones à sédiments fins et très peu dans les écoulements à courant important avec une présence de galets ou blocs. On l'observe principalement dans les zones annexes plus calmes, comme les vasques. Sur le site des sources du Bontey, la recherche des larves serait délicate, en raison d'un terrain escarpé et d'un courant bien prononcé.

Une des problématiques énoncées au cours de cette journée concerne l'impact des suivis sur les populations de *Cordulegaster bidentata*. En effet, lors des prélèvements de larves ou d'imagos, leur habitat peut être perturbé. Si aucune étude n'a été faite sur l'impact des suivis et des prélèvements, Jean-Michel Faton précise que l'objectif est d'effectuer les suivis de manière raisonnée, et de préserver l'habitat à travers une espèce « un peu spectaculaire », pouvant faciliter les démarches de sensibilisation auprès des gestionnaires et du grand public. Malgré ces points de vigilances mentionnés, Jean-Michel Faton précise qu'il reste nécessaire de localiser la reproduction de larves sur un système tufeux par la mise en place d'un rythme de prélèvements modéré s'effectuant tous les 5 à 6 ans.



*Cordulegaster bidentata* ; © Groupe Sympetrum

**« On trouve le *Cordulegaster bidentata* dans des milieux de sources qui ne sont pas forcément tufeux, comme dans le Massif Central par exemple. Pourquoi l'avoir identifié comme espèce d'intérêt patrimonial ? Parce-que les milieux tufeux qui abritent cette espèce sont souvent menacés, d'où l'intérêt d'effectuer ces suivis afin de préserver l'habitat. »**

Jean-Michel Faton, odonatologue bénévole au groupe Sympetrum

## RETOURS D'EXPÉRIENCES SUR LE SUIVI GÉOMORPHOLOGIQUE DES TUFIERES

### La cartographie géomorphologique : une méthode pour définir l'évolution des tufières

Autre point évoqué durant la sortie sur le site de la Touvière, la cartographie géomorphologique des tufières apparaît comme un élément capital dans la gestion de certains systèmes tufeux. Johan Berthet, directeur de Styx4D, est revenu sur quelques éléments centraux vis-à-vis de la méthodologie employée, ainsi que des intérêts et des enjeux quant à l'utilisation de la cartographie géomorphologique.

Testée sur deux sites pilotes du projet Rezoh-tuf, l'approche géomorphologique a pour but d'identifier les morphologies actives et fossiles ainsi que leur emboîtement afin de définir une chronologie relative de l'évolution d'une tufière. Cette méthode peut ainsi faire ressortir les incohérences, souvent d'origines anthropiques, dans l'évolution d'une tufière.

Avec l'utilisation d'un LIDAR sur drone, le survol de la tufière par Styx4D permet d'obtenir, en quelques heures, un nuage de points dense pour la production d'une carte géomorphologique sous le logiciel QGIS. Ce travail peut se faire en l'espace d'une journée avec l'utilisation d'une tablette comprenant le logiciel QGIS et connectée à un GPS de précision. Enfin, la carte suit une nomenclature créée spécialement pour l'analyse des tufières.

Le LIDAR est une technique de mesures laser topographiques à haute résolution.

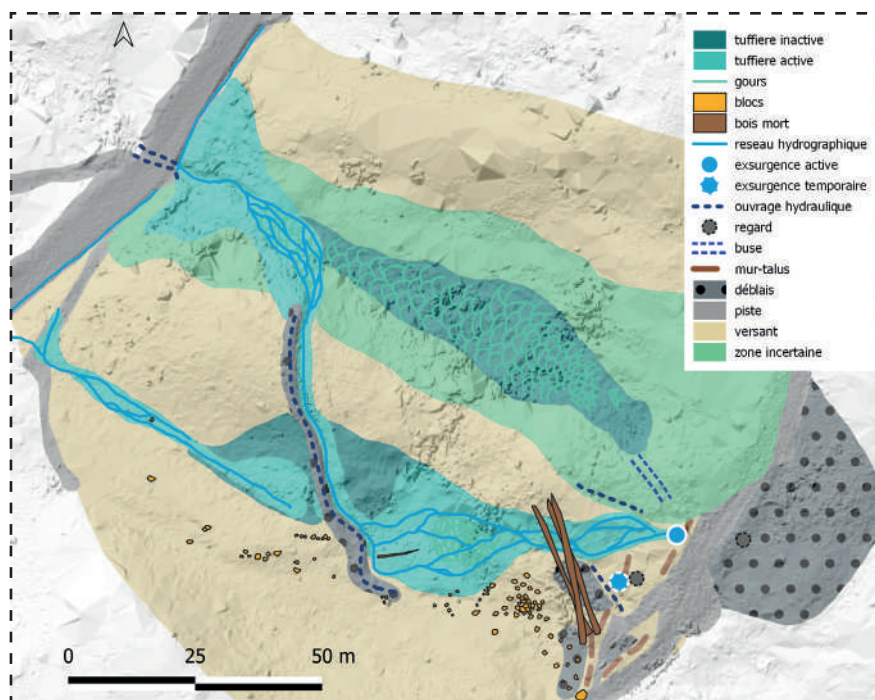
L'utilisation du LIDAR HD n'est pas forcément efficace sur des milieux recouverts par la végétation, comme cela peut être le cas pour les tufières. Le LIDAR HD permet d'obtenir une densité de points allant de 10 à 20 points par m<sup>2</sup>, quand le LIDAR sur drone permet d'obtenir une densité de points allant de 700 à 1 000 points par m<sup>2</sup>. Cela permet de palier à la problématique de la densité de la végétation en obtenant un nombre suffisant de points pour la création d'une cartographie géomorphologique.

## Intérêts et limites de la cartographie géomorphologique

Plusieurs intérêts émergent quant à l'utilisation de cette méthode. Même en présence d'un couvert végétal dense, rendant difficile la production d'une cartographie, l'utilisation de la technologie LIDAR sur drone permet de construire des nuages de points denses. Néanmoins, pour des résultats optimisés, les vols LIDAR doivent idéalement être réalisés à l'automne ou en hiver, lorsque la végétation est la moins dense. Bien que l'utilisation du LIDAR HD peut être suffisante pour certaines tufières (très ouvertes et sans présence de couvert végétal), dans certains cas l'application du LIDAR sur drone apparaît comme indispensable. À titre d'exemple, la zone fossile de la tufière de Darne est très peu visible et aurait été difficilement identifiée sans l'utilisation du LIDAR sur drone. Dans le cas de la tufière de la Touvière, présentant une végétation très dense avant les travaux, la cartographie aurait été délicate à produire sans le LIDAR sur drone.

*« Pour la tufière de la Touvière, le vol sur drone a nécessité 15 à 20 minutes. De plus, après cette étape, la création d'une cartographie sur le terrain peut s'effectuer en 1h30 de temps, ce qui est très rapide. Ainsi, l'acquisition des données puis la production de la cartographie peuvent se faire durant la même journée, même s'il est préférable de faire plusieurs sessions et relevés de terrain, afin d'avoir une cartographie qui soit la plus fine possible. »*

Johan Berthet, directeur de Styx4D



*« Ce qui m'intéresse énormément avec la cartographie géomorphologique, c'est ce travail à différentes échelles. Cela permet d'avoir une vision globale et de comprendre le fonctionnement général de la tufière. »*

Johan Berthet, directeur de Styx4D

Cartographie géomorphologique de la tufière de la Touvière ; © Styx4D

Aussi, le travail sur tablettes Windows permet d'avoir une grande finesse dans la cartographie produite, et représente un gain de temps considérable par rapport à la production d'une cartographie sur format papier. Johan Berthet précise ici tout l'intérêt d'utiliser cette méthodologie pour des gains de temps mais aussi en termes de coût financier, que ce soit pour les gestionnaires qui utiliseraient ces techniques ou pour des opérations de sous-traitance.

En ce qui concerne les limites de la cartographie géomorphologique, l'une d'entre elles est qu'aucune nomenclature n'existe pour les tufières. La difficulté est alors de pouvoir en créer une adaptée à la cartographie des morphologies tout en révélant le fonctionnement du système tufeux dans son ensemble. La nomenclature choisie doit alors répondre à des critères qui sont les plus objectifs possibles, laissant le moins de choix à l'interprétation même s'il y en aura toujours précise le directeur de Styx4D. Enfin, bien qu'elle soit rapide à mettre en place et indispensable sur certains systèmes tufeux, cette méthode reste une opération coûteuse.

Utilisation du LIDAR sur drone sur la tufière de Darne ; © IFREEMIS



## Travaux menés et à venir sur la tufière des sources du Bontey

La tufière des sources du Bontey fait partie des sites prioritaires du plan d'action « Tufières des Bauges », initié en 2015. Par les enjeux identifiés sur le site (gestion de la ressource en eau ; préservation du patrimoine naturel ; valorisation pédagogique et paysagère) et certains dysfonctionnements présents, un plan de gestion prévoyant des travaux de restauration a été mis en place en 2020.

La construction d'un plan de gestion peut être selon les contextes longue et chronophage, notamment lorsqu'une maîtrise foncière est nécessaire. Les démarches d'animation foncière peuvent aboutir à une acceptation ou plus rarement à un refus des projets de gestion par les acteurs locaux. Dans le cas de la tufière des sources du Bontey, les acteurs locaux se sont avérés favorables au projet.

À cet égard, une première sente d'accès rapide avait été imaginée pour valoriser la tufière en créant une plateforme et un cadre d'observation. Cependant, le propriétaire privé s'étant opposé à la création de sente, il a été nécessaire de définir un autre itinéraire. Le nouveau sentier d'accès traversait des terrains privés, nécessitant de nouvelles démarches d'animations foncières, finalement couronnées de succès.

La question de la fermeture du milieu s'est également posée lors du diagnostic sur le fonctionnement de la tufière. L'ombrage étant un facteur défavorable au dépôt de tufs, des travaux de réouverture du milieu ont été menés. Ces travaux ont volontairement été réalisés en hiver afin de limiter les ornières laissées par le débardage des troncs en utilisant le manteau neigeux comme couche protectrice. Pour que ces travaux soient pleinement efficaces tout en minimisant leur impact, le manteau neigeux doit être important (minimum 50 cm) et l'accessibilité à la zone de travaux relativement simple. Le retour d'expériences sur ce site est donc très positif : aucune trace n'était présente sur la tufière après la fonte de la neige, confirmant le succès de ces travaux expérimentaux.

*« La mise en place d'un plan de gestion a été assez facile sur cette tufière, où il y avait un gestionnaire des eaux, un terrain communal ainsi qu'un gestionnaire du milieu qui était l'ONF mais qui n'intervenait pas sur la tufière, facilitant l'obtention d'une convention de gestion. »*

Jérôme Porteret, responsable du service scientifique au CEN de Savoie

*« Les propriétaires étaient vendeurs, et la commune s'est montrée volontaire pour initier un projet intégrant la gestion et la valorisation. »*

Mathilde Pantalacci, chargée de mission au Parc Naturel Régional du Massif des Bauges

Une autre problématique concerne le captage et son trop-plein à l'écoulement concentré. L'objectif de gestion avant les travaux était d'améliorer la diffusion de l'écoulement sur l'ensemble du système tufeux. Des travaux expérimentaux ont été réalisés en utilisant des tuyaux de type drains agricoles pour répartir l'eau du trop-plein vers des zones inactives de la tufière.

Les retours d'expériences ont toutefois révélé quelques limites : les tuyaux s'intègrent mal esthétiquement parlant et ne respectent pas la naturalité du paysage. Leur efficacité est également relative, notamment en hiver, lorsque la neige rend difficile leur maintien et les désemboitent.

Cette première phase visait à tester des travaux expérimentaux préliminaires et précède une deuxième phase, plus impactante sur le milieu, impliquant des travaux de terrassement. Ces interventions devraient être plus efficaces. Au regard des morphologies présentes, l'objectif est de créer des zones d'écoulement plus calmes et moins turbulentes pour favoriser la formation de dépôts. Le chantier est prévu prochainement et reste à budgéter et à planifier pour 2025 ou 2026.



Réouverture du milieu et utilisation de tuyaux de type drains agricoles sur la tufière des sources du Bontey ; © IFREEMIS

## Retours sur les travaux menés sur la tufière de la Touvière

Les sorties terrains de la journée d'échanges techniques ont permis de revenir sur les travaux effectués sur la tufière de la Touvière. Sur le site de la Touvière, Jean-Charles Arnaud-Prin, conducteur de travaux à l'ONF, a présenté le déroulement des travaux en fonction des mesures de protection à prendre en compte sur ce type de milieu.

Durant quatre jours, des opérations de coupe et de débardage de résineux, réalisées par trois ouvriers, se sont déroulées par abatage directionnel dirigé vers l'extérieur de la tufière. L'ébranchage a été réalisé en dehors de la tufière avant de transporter les grumes le long des voies d'accès afin de faciliter la récupération du bois par le propriétaire.

Trois priorités avaient été définies avant le chantier : restreindre au maximum le piétinement de la tufière ; éviter le dépôt de copeaux de bois pour prévenir l'asphyxie des bryophytes ; limiter la formation d'ornières pour préserver les morphologies cascadantes en succession de gours (barrage de tuf retenant un bassin d'eau) et éviter l'assèchement de certaines zones. Ces mesures de préservation ont été parfaitement respectées, et le chantier, bien que modeste selon Jean-Charles Arnaud-Prin, a été mené efficacement.



Tufière de la Touvière avant travaux (photo du haut) et après travaux (photo du bas) pour la réouverture du milieu ; © IFREEMIS



Ci-contre, une photo après travaux pour la remise en eau et rediffuser l'écoulement sur le dôme tufeux. Pour la photo du bas, travaux menés pour réalimenter le parcours en rive gauche du chenal ; © IFREEMIS



D'autres travaux expérimentaux ont été réalisés sur le site de la Touvière afin de remettre en eau un paléo-parcours tufeux. L'identification d'un dôme tufeux fossilisé, recouvert par de la matière organique, a motivé l'idée de réactiver ce dôme à titre expérimental. L'objectif était d'observer la réaction de la tufière sur une petite zone, avant d'envisager des interventions similaires à une plus grande échelle.

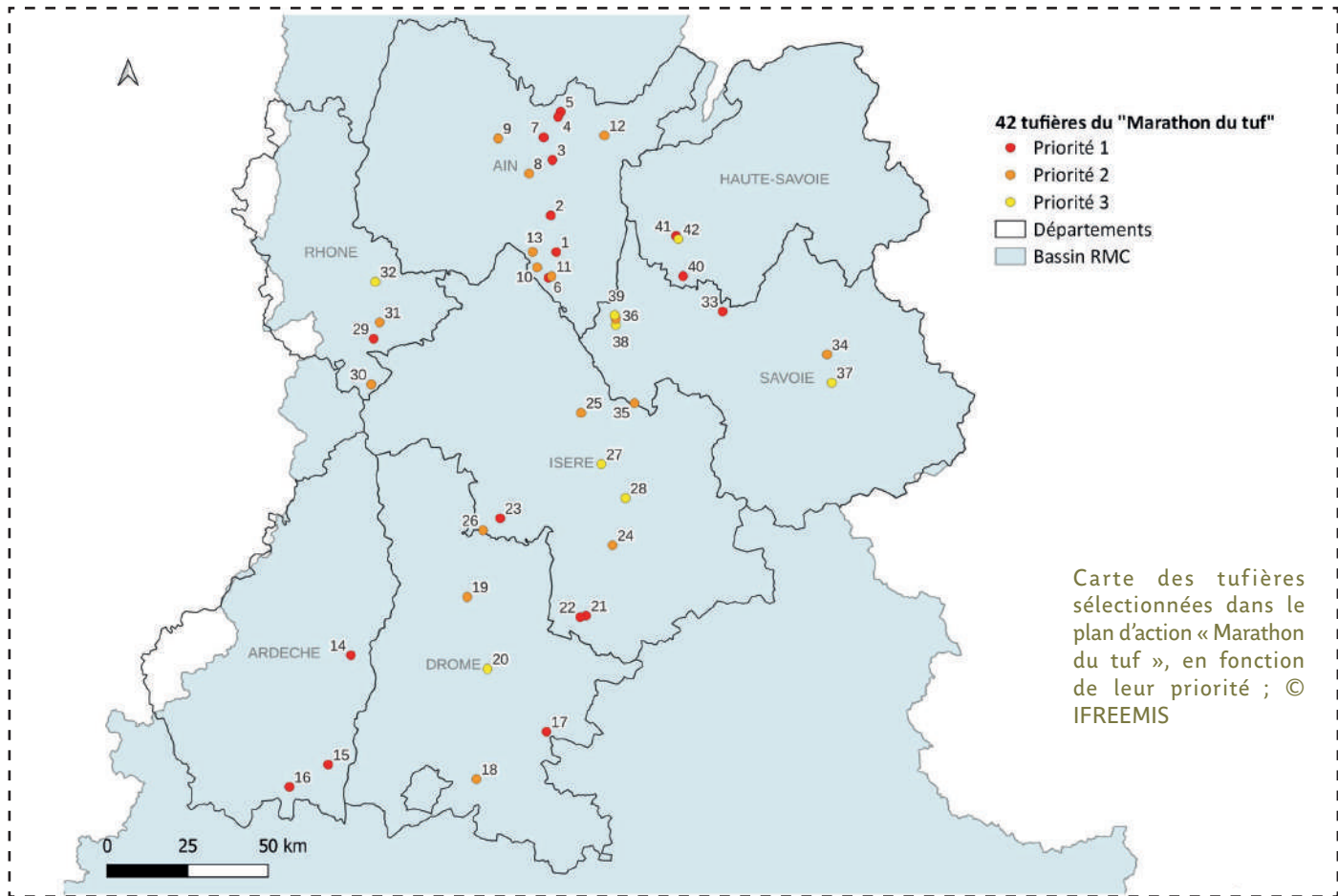
La solution retenue pour réalimenter en eau ce secteur a été de supprimer la partie aval du chenal dérivant les eaux et à l'origine de l'assèchement du dôme. Les travaux de réfection du chenal, réalisés à la pelle et à la pioche, n'ont eu aucun impact négatif sur la tufière. Après quelques mois, des bryophytes caractéristiques des tufières ont été observés sur le dôme, indiquant des premiers résultats positifs. Cependant, ces retours devront être confirmés sur le long terme pour limiter les biais d'interprétation relatifs aux conditions climatiques notamment.

Pour suivre l'évolution des systèmes tufeux après les travaux, la tufière de la Touvière et les autres sites pilotes Rezoh-tuf ont été intégrés au plan d'action « Marathon du tuf », afin d'obtenir davantage de recul sur les effets des travaux à long terme.

## IMPULSER DES DYNAMIQUES LOCALES ET PORTER DE NOUVEAUX PROJETS DE GESTION ET DE RESTAURATION DES TUFIERES : LE PLAN D'ACTION « MARATHON DU TUF »

La journée d'échanges techniques a permis de préciser les futures démarches à venir, notamment en rappelant la construction du plan d'action « Marathon du tuf ». Ce document, en cours de finalisation, répondra aux objectifs de la phase 3 du projet Rezoh-tuf, à savoir la diffusion des connaissances acquises et la production de fiches actions sur des tufières en mauvais état de conservation. Dans ce sens, le « Marathon du tuf » regroupe 42 tufières, sélectionnées parmi les 82 tufières prospectées durant la phase 3 du projet. Cette sélection s'est appuyée sur les retours des appels à participation et a priorisé les tufières dont l'état de conservation était déjà connu.

La sélection des 42 tufières à restaurer s'est appuyée sur plusieurs critères prioritaires : la volonté des acteurs locaux à prendre part aux actions de restauration des tufières ; l'exhaustivité des informations disponibles sur le fonctionnement et les enjeux présents sur les tufières ; les résultats des pré-états de conservation appliqués sur chaque site prospecté ; la rareté de l'habitat tufeux dans un secteur donné. Pour chaque tufière sélectionnée, une fiche action a été rédigée, soit un total de 42 fiches. Les tufières classées en priorité 1, disposant d'un jeu de données important et d'une vision claire des travaux à mener, seront privilégiées pour la mise en place d'opérations de restauration.



Les retours d'expériences sur le plan d'action et, plus généralement, sur la phase 3 du projet Rezoh-tuf, dévoilent l'importance de continuer les efforts de prospection, notamment en Haute-Savoie, où l'état de conservation de nombreuses tufières référencées demeure inconnu. Il est également nécessaire de rencontrer les acteurs des territoires présentant des « zones blanches » en matière d'inventaire des systèmes tufeux, comme le Conseil départemental de Savoie, et de développer des projets locaux visant à gérer et à valoriser les milieux tufeux. Enfin, le champ d'action des projets à venir ne se limite pas uniquement aux tufières du « Marathon du tuf ». En effet, l'objectif est également d'initier de nouvelles dynamiques et actions sur les tufières des autres territoires.

Pour se faire, la question de l'obtention de nouveaux financements reste un enjeu prépondérant. L'implication des acteurs locaux dans l'émergence d'actions opérationnelles pourrait faciliter l'obtention de financements et ainsi le lancement de nouveaux projets. La publication du guide technique pourrait également être un levier pour encourager la naissance de nouveaux projets à l'avenir. Enfin, plusieurs pistes de financements ont été évoquées lors de la journée d'échanges techniques, telles que des appels à projets, la sollicitation de fonds européens et la création de nouveaux programmes, à l'instar du modèle LIFE Tourbières.