

N°154 • juin 2019
2^e trimestre 2019

Spelunca

La grotte de Neuvon (Côte-d'Or)
Le nouveau descendeur Stop
Grottes et houles du Cap Fréhel
(Côtes-d'Armor)



Fédération
française
de spéléologie



Tube de lave du Mont Fuji (Japon).
Cliché réalisé par Philippe Crochet.
Assistance : Annie Guiraud.

RÉDACTION

Directeur de la publication : Gaël Kaneko,
président de la FFS
Rédacteur en chef : Philippe Drouin
Rédacteur en chef adjoint : Guilhem Maistre
Coordnatrice du pôle communication et
Publications de la FFS : Véronique Olivier
Bruits de fond : Marie-Françoise André
Canyonisme : Marc Boureau
Photographie : Philippe Crochet
Illustrations en-têtes rubriques : François Genevriev
Relecture : Marc Boureau (canyonisme),
Jacques Chabert, Philippe Drouin,
Christophe Gauchon, Gaël Kaneko, Rémy Limagne,
Guilhem Maistre, Jean Servières, Patrick Sorriaux
Secrétariat : Chantal Agoune

MAQUETTE, RÉALISATION, PUBLICITÉ

Éditions GAP - 73190 Challes-les-Eaux
Téléphone : 04 79 72 67 85
Fax : 04 79 72 67 17
E-mail : gap@gap-editions.fr
Site internet : www.gap-editions.fr

ADMINISTRATION ET SECRETARIAT DE REDACTION

Fédération française de spéléologie
28, rue Delandine - 69002 Lyon
Téléphone : 04 72 56 09 63
E-mail : secretariat@ffspeleo.fr
Site internet : www.ffspeleo.fr

DÉPÔT LÉGAL : juin 2019

Numéro de commission paritaire : 0420 G 86838

TARIFS D'ABONNEMENT

25 € par an (4 numéros)
Étrangers et hors métropole : 34 € par an
Vente au numéro : 8 €



Imprimé en France.
L'encre utilisée est à base d'huile
végétale. L'imprimerie adopte une
démarche environnementale progressiste
validée par la certification Imprim'Veget.

Ce nouveau numéro de *Spelunca*, est celui que l'on prend partout avec soi pendant ses congés d'été, une fois troquées ses bottes ou chaussures de canyon pour une paire de tongs, afin de contempler les explorations des amis, de s'émerveiller des photographies de nos artistes, de s'évader avec les expéditions internationales...

Ce nouveau numéro est également celui qui évoque le plus grand rassemblement fédéral de l'année : le congrès national de La Ciotat, qui a accueilli l'assemblée générale et qui ne fut pas la seule à être extraordinaire. En effet, extraordinaires sont les nombreux fédérés bénévoles sans lesquels cet évènement aurait été impossible. Extraordinaires enfin sont les calanques qui ont ajouté une touche de Cézanne à ce décor de carte postale.

Enfin ce numéro est à l'instar des autres, avant tout le vôtre. Il est le reflet du dynamisme des fédérés au sein des clubs, des CDS et CSR, le reflet de l'engagement des cadres, des administrateurs des structures locales et des commissions. L'assemblée générale à La Ciotat, au travers des échanges, des débats et des décisions prises, symbolise à elle seule l'engouement et la passion qui nous anime tous. Charge à nous, ensemble, d'entretenir cette puissante et chaleureuse flamme.

C'est en effet une belle preuve d'engagement de la part des grands électeurs qui se sont déplacés au congrès, se sont investis, ont supporté cette journée marathon, dans le seul et unique but d'améliorer, au nom de tous les adhérents, le fonctionnement de la Fédération française de spéléologie.

Yannick DECKER

Directeur administratif

sommaire

Échos des profondeurs France	2	Portfolio Rainer Straub	32
Échos des profondeurs étranger	4	Philippe CROCHET et Annie GUIRAUD	
Grottes et houles du Cap Fréhel	5	Une galerie « critique photo »	36
Plévenon (Côtes-d'Armor)		Découverte du Japon souterrain	38
Martin MONGIN		Philippe CROCHET et Annie GUIRAUD	
Microclimat et suintement	9	Saint-Bauzille 2019 : la mixité au naturel	41
Comment quelques gouttes d'eau peuvent changer la dynamique des grottes		Rémy LIMAGNE	
Michele MOTTA et Luigi MOTTA		Naissance d'une entité	45
Le karst aquifère du massif du Jura	13	De jeunes vieux franc-comtois toujours actifs	
Catherine DEVAUX		Pascal LAMIDEY	
Comment la conductimétrie peut-elle expliquer les phénomènes karstiques ?	18	Enquête Comed-FFS sur le cancer	48
Matthieu BOSCH, Arthur LIVERNOIS et Félix PANABIÈRES		Dr Jean-Pierre BUCH	
Explorations récentes dans la grotte de Neuvon	22	Pratique de la cardiofréquence-métrie en spéléologie et canyonisme	50
Plombières-lès-Dijon, Côte-d'Or		Drs Jean-Noël DUBOIS, Patrick GUICHEBARON et Jean-Pierre BUCH	
Laurent GARNIER, Cosimo TORRE et Jean-François BALACEY		Coin des livres	60
Stop ou encore ?	29	Bruits de fond	61
Rémy LIMAGNE et Vincent DETRAUX			



Microclimat et suintement

Comment quelques gouttes d'eau peuvent changer la dynamique des grottes

par Michele MOTTA et Luigi MOTTA

La face sud-ouest de la Rocca Carpanea (bref, en Ligurie, dans le nord-ouest de l'Italie) a beaucoup de grottes. Trois d'entre elles, longues de quelques dizaines de mètres, ont une seule entrée et s'ouvrent à une altitude entre 260 et 287 m. Pourtant, une de ces grottes présente des températures moyennes proches de celles enregistrées à la station météorologique voisine, mais avec des zones qui restent toute l'année plus froides et d'autres qui restent plus chaudes ; la deuxième grotte a une température très constante dans sa partie finale et est plus chaude en hiver qu'en automne, et la troisième est si froide qu'autrefois elle était utilisée comme une *neviera*, c'est-à-dire un dépôt où conserver la neige de l'hiver pour les réfrigérateurs d'antan.

Pourquoi ?

Depuis quelques années, nous (nous, c'est le peu de scientifiques de l'Université de Turin qui aiment les grottes)

étudions les grottes des Alpes italiennes, pour comprendre leur thermodynamique et les liaisons entre microclimats épigées et hypogées. But final, voir si ces grottes peuvent être des indicateurs pour le « global change ». Hélas, les premiers résultats obtenus ne sont pas favorables. Au moins, ils expliquent les étranges différences de température entre grottes voisines que nous venons de décrire, en montrant comment quelques gouttes d'eau peuvent changer si fortement le climat d'une grotte.

S'il vous est arrivé parfois de geler dans une grotte dans laquelle, selon votre expérience, il aurait dû faire plutôt chaud (ou vice-versa), il faut que vous lisiez ce qui suit. Pensez à ces exemples et vous découvrirez le pourquoi de votre erreur d'appréciation, c'est tout simplement que la grotte à laquelle vous pensez est *dissipée*, comme ces grottes ligures : ce n'est pas de votre faute !

Le Finalese, c'est où ?

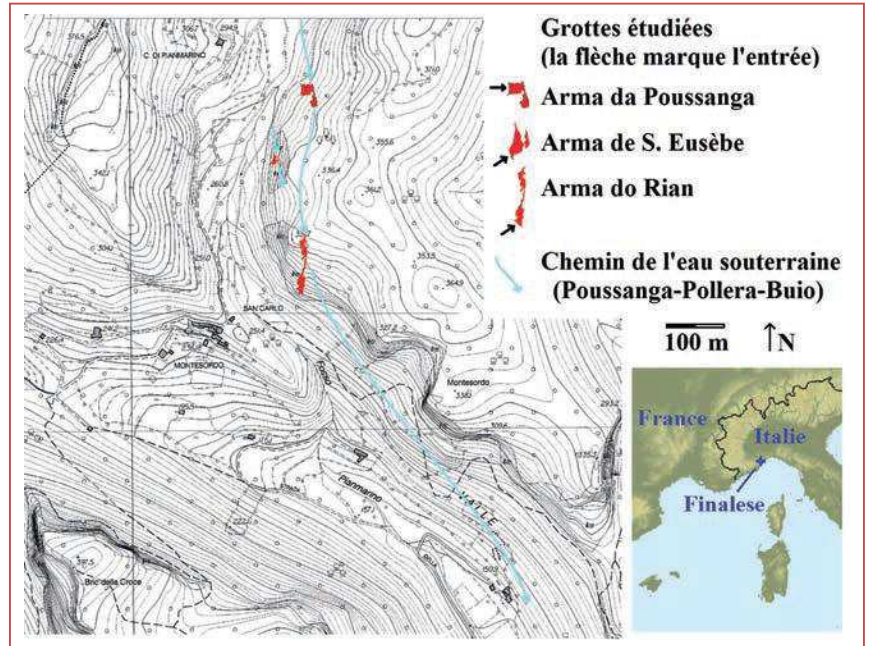
Plus connu par les grimpeurs que par les spéléologues, le Finalese est une série de petits plateaux karstiques entre les villes de Verezzi et Noli. Ces plateaux marquent la zone d'affleurement de la Pietra di Finale, un calcaire molassique en épaisses couches presque horizontales. Faibles dénivellations et moyenne pluviosité empêchent le développement des grottes en extension et profondeur, mais non pas leur nombre : le cadastre (www.openspeleo.org) compte 146 grottes sur une trentaine de km² seulement. Les grottes que nous allons décrire sont dans la vallée Urta, une ancienne vallée allo-gène délaissée et partiellement devenue le poljé de Pian Marino. L'eau recueillie par ce poljé a creusé plusieurs parcours souterrains dans la Pietra di Finale, dont nos grottes. Leur nom :

- **Arma da Poussanga** : 44° 12' 03" N, 4° 8' 15" W, altitude 260 m, azimut 270°, longueur de la partie parfois soumise au rayonnement solaire direct 0 m, de la zone de radiation diffusée environ 15 m, de la zone sans lumière 64 m environ.
- **Arma de Saint Eusèbe** : 44° 12' 3,84" N, 8° 18' 51,67" E, 287 m, azimut 257°, longueur de la partie soumise au rayonnement solaire direct 0 à 20 m selon la saison, de la zone de radiation diffusée 22 m, de la partie sans lumière 15 m.

■ **Arma do Rian**: 44° 11' 58.31" N, 8° 18' 51,70" E, 275 m, azimut 247°, longueur de la partie soumise au rayonnement solaire direct 0 à 16 m, de la zone de radiation diffusée 20 à 40 m, de la zone sans lumière 115 m.

Le travail

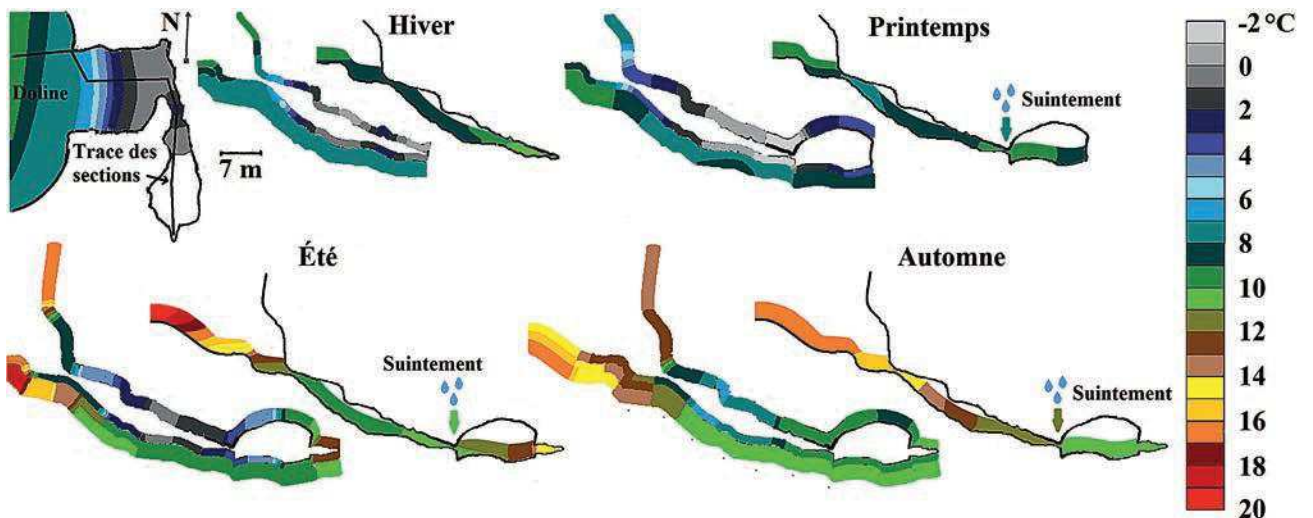
Nous avons développé la méthode d'étude entre 2010 et 2016 dans les grottes piémontaises (la méthode a été présentée à la table ronde sur les inventaires spéléologiques, au sixième congrès franc-comtois, à l'Isle-sur-le-Doubs en 2014). Les données utilisées pour cet article sont des *long time data* (dont des données climatiques de Arpal, www.arpal.it) et des *short time data*; les données recueillies par nous en 2017-2018 sont des mesures d'irradiation au sol (450-950 nm et 315-400 nm), la température du sol à la profondeur de 0,15 et 0,015 m, la température de la surface du sol et du plafond, la température et l'humidité de l'air à 0,5, 1 et 2 m du sol. Nous avons aussi effectué les calculs nécessaires à



l'analyse des données: évapotranspiration, humidité absolue, etc.

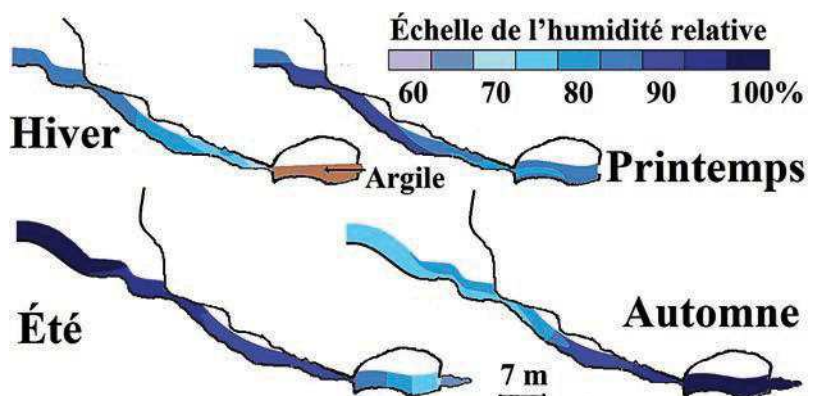
Par manque d'espace, dans les pages suivantes nous décrivons la dynamique annuelle et non pas la dynamique saisonnière, pour laquelle on peut voir

les figures, ou bien, lire notre livre *Le stagioni delle grotte - Il microclima delle grotte del Finalese ligure*, 2019, ISBN 978-0-244-15087-7 (disponible en ligne à l'adresse www.lulu.com).



Arma do Poussanga: distribution des températures dans les quatre saisons (4 janvier 2018, 14:45-15:10, 4 avril 2018, 12:47-13:20, 19 juillet 2018, 16.00-16.40, 7 octobre 2018, 11:15-12:15). En haut sur la gauche: plan de la grotte avec température de la surface du sol. Sections à gauche, du bas: température du sol à 0,15 m et 0,015 m, surface du sol et du plafond. Sections à droite: température de l'air à 0,5, 1 et 2 m du sol. Dessiné sur un relief accessible en ligne (<http://web.tiscali.it/asgsangiorgio>), mise à jour avec des données originales.

Arma do Poussanga: humidité relative. Mêmes jours que la figure précédente.



Arma da Poussanga

Cette grotte a une forte variation annuelle d'humidité. En hiver, printemps et été, l'air est toujours plus saturé d'humidité du fond de la grotte jusqu'à l'entrée, où il est presque saturé; en automne c'est la situation opposée. Au contraire, l'humidité absolue, tout en variant d'une saison à l'autre, est toujours constante dans toute la grotte, et très différente qu'en plein air. En hiver, printemps et été, l'air a une stratification thermique inversée, qui limite beaucoup l'échange avec l'extérieur. De l'hiver à l'été, l'air dans la grotte, presque stagnant, devient de plus en plus humide mais aussi chaud, donc son humidité relative est toujours plus basse vers le fond de la grotte. La faible saturation cause une très forte évaporation des surfaces de contact air-roche au plafond et sur les parois, ou air-sédiments au plancher. Le suintement, absent à l'entrée mais de plus en plus fort en profondeur, maintient les surfaces assez humides malgré l'évaporation. Cela porte les surfaces à températures bien plus basses que celles du sol, air et eau, même plus froides que celles de l'air extérieur pendant la nuit.

On voit très clairement que les surfaces plus froides correspondent aux zones de suintement, tandis que les plus chaudes sont dans les zones les plus sèches, même en hiver, saison où, en théorie, les zones froides devraient être près de l'entrée.

En automne, les sols au-dessus de la grotte sont en surplus hydrique: le suintement devient très fort, avec de l'eau plus froide. Cela rafraîchit: donc l'air au fond de la grotte cesse de se réchauffer, tout en restant avec une stratification inversée, et peut finalement se saturer d'humidité. L'évaporation s'affaiblit et avec elle la différence de température entre surfaces, sol et air.

En passant de l'automne à l'hiver, l'air de la grotte se sèche presque de 3 g/m^3 et se refroidit même de 6 °C à peu près. On pense que dans cette période l'air de l'extérieur de la grotte devient pendant la nuit plus froid et dense que l'air de la grotte: pour cela, dans la grotte on voit l'air redevenir froid et avec peu d'humidité absolue.

Le sol, à la profondeur de $0,15 \text{ m}$ et loin de l'entrée, est toute l'année entre 7 et 10 °C , température qui résulte de quatre facteurs: entrée d'air froid et sec les

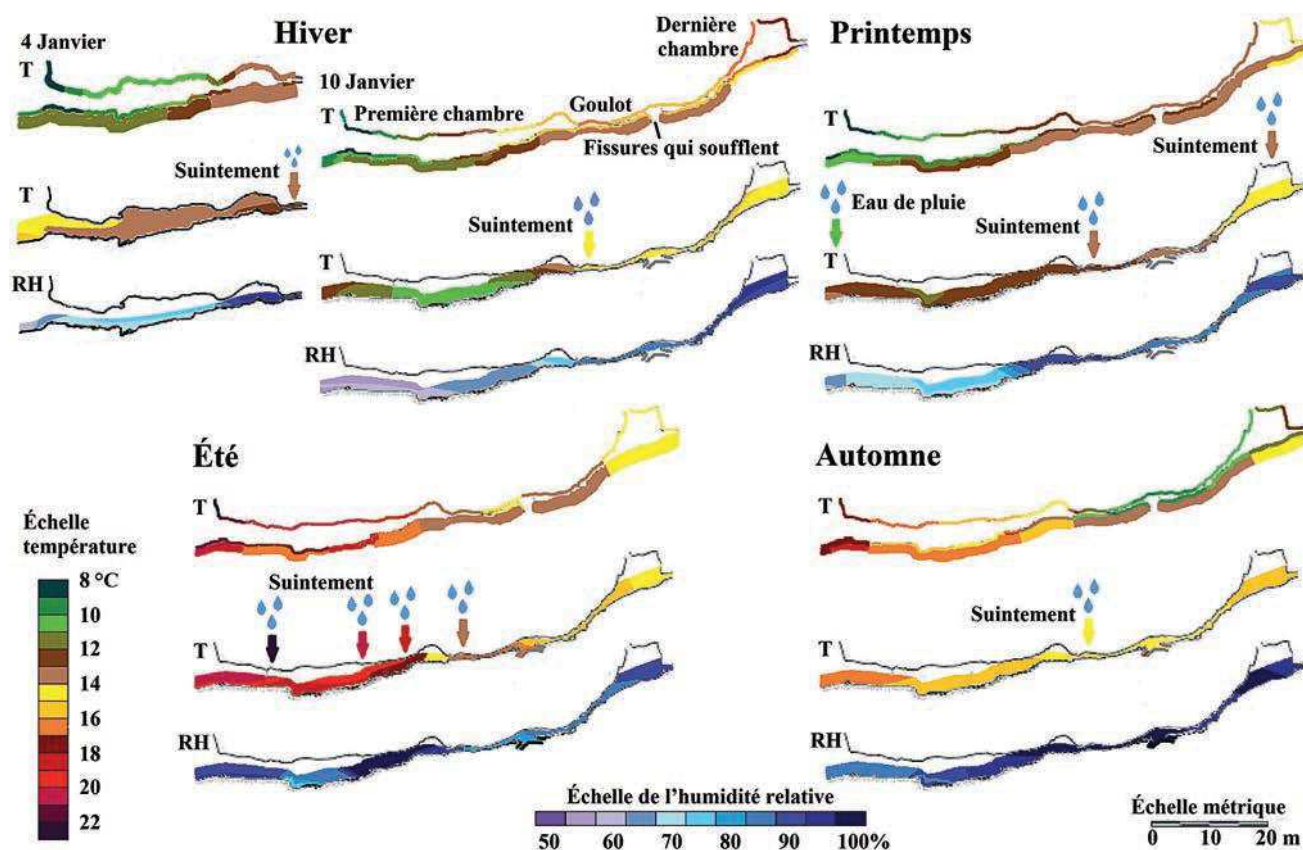
jours les plus froids de l'année; constante présence de suintements dans la partie profonde de la grotte; évaporation de l'eau de suintement sur les surfaces; congélation d'eau sur les surfaces en hiver et printemps (qui réduit le refroidissement par évaporation en ces saisons). Ainsi, cette grotte est bien plus froide que ses voisines, en dépit d'une même exposition et d'une même altitude.

Arma do Rian

Cette grotte est formée par un seul tunnel accessible, très étroit à 38 m de l'entrée. Ce passage étroit présente presque toujours des suintements, alors que la partie de tunnel plus proche de l'entrée est humide seulement en été (par la condensation de la rosée, et non par infiltration d'en haut, même après les pluies), et l'autre partie présente des suintements uniquement au printemps vers le fond de la grotte.

La dynamique de la grotte avant le passage étroit est celle typique des grottes sèches du Finalese avec une seule entrée: température strictement liée à l'irradiation

Arma do Rian. Du haut, pour chaque saison: température dans le sol, eau et surfaces; température de l'air; humidité relative. Hiver: 4 janvier 2018, 13:40 - 14:00, et 10 janvier 2018, 13:38 - 15:20; printemps: 4 avril 2018, 11:13-12:15; été: 19 juillet 2018, 17:00-18:00; automne: 7 octobre 2018, 12:26-13:14. Section de base de D. Beringeri, R. Farinazzo, A. Maifredi, M. Mantero, E. Massa, E. Quaglia, D. Vinai, disponible en ligne (http://www.openspeleo.org/openspeleo/caves-view-288.html?nv_country=105&page=5&nv_zone=267).



solaire autour de l'entrée, liée à la diffusion de l'air externe juste après (pour cela, les températures sont de plus en plus froides vers l'entrée en hiver, vice-versa en été).

Les surfaces s'adaptent plus vite que le sol aux variations externes (soleil – ombre, changement de saison), surtout en été, quand l'air chaud diurne condense son humidité sur les plafonds, causant une « pluie » d'eau très chaude (jusqu'à six degrés de différence avec le sol).

Dans le passage étroit souffle toujours un courant d'air, et bien sûr il cause de l'évaporation, mais puisque l'arrivée d'eau de suintement est assez forte, l'air prend la température de l'eau plutôt que de devenir froid par évaporation. C'est la même chose pour les surfaces, sauf en automne, où on a un refroidissement à cause de l'évaporation.

Le sol du fond de la grotte est le plus isolé thermiquement que toutes les grottes que nous avons étudiées dans la zone (même si ce n'est pas le sol le plus éloigné de l'entrée). Sa température oscille entre 13,8 et 14,4 °C. Dans cette zone, l'air est toujours très humide, même quand il n'y a pas de suintements. Les variations d'humidité et de température de l'air témoignent d'une circulation d'air liée aux fissures situées peu après le passage étroit. En automne, de l'air froid et très humide sort de ces fissures et se répand dans le tunnel et dans le passage étroit, en prenant la chaleur de la roche et de l'eau. De cette façon, l'air devient plus chaud et sec, mais en même temps, comme l'humidité des surfaces exposées à cet air s'évapore, les surfaces atteignent des températures froides inhabituelles pour la saison. Au contraire, en hiver, l'air qui sort des fissures, plus chaud et humide que l'air de la grotte, condense son humidité sur les surfaces et les réchauffe jusqu'à 17,7 °C, soit 5,9 °C plus qu'en automne et 3,6 °C plus qu'en été! Au printemps, l'air des fissures a la même température (en moyenne 13 – 14 °C) que l'air extérieur et de l'eau de suintement. En été, au contraire, la condensation a lieu entre fissures et goulot, pendant que le fond de la grotte agit comme « piège à air chaud ». En conclusion, la partie intérieure de la grotte a une dynamique qui est liée seulement à l'air qui sort des fissures et non pas à ce qui passe par l'entrée de la grotte. Ainsi, à cause des phénomènes de condensation, l'hiver n'est pas la saison froide et c'est pour cela, plus qu'à cause d'une isolation thermique véritable, que



Mesure de la température de l'eau dans le passage étroit de l'Arma do Rian.

la variation de température annuelle dans le sol est très faible. Au contraire, les surfaces de la grotte près de l'entrée sont refroidies par l'évaporation depuis l'automne jusqu'au printemps, tandis qu'en été elles sont réchauffées par la condensation : la variation de température annuelle de cette partie de grotte est ainsi amplifiée.

Arma de Saint Eusèbe

L'entrée de cette grotte donne sur une grande salle allongée, qui donne par un étroit passage à une autre salle allongée parallèle. Même dans cette grotte, le suintement est seulement dans ce passage. La dynamique de la grotte est conditionnée par la brièveté de ce passage, qui permet à l'air extérieur de se diffuser facilement. Pendant les jours de beau temps, le terrain bien ensoleillé autour de l'entrée réchauffe l'air à des températures plus hautes que celles enregistrées par la station météorologique. L'air chaud pénètre dans la grotte : les surfaces sèches sont chauffées, mais les surfaces humides (surtout dans le passage étroit) se refroidissent à cause de l'augmentation de l'évaporation. Au coucher du soleil, les parties hautes de la grotte conservent mieux l'air chaud, tandis que l'air froid commence à pénétrer dans la grotte. Ce dernier refroidit toutes les

surfaces, sèches ou humides. En fin de matinée, le réchauffement recommence, et les parties les plus basses conservent mieux l'air froid. Le résultat est que le sol, qui enregistre la température moyenne, est plus froid dans les dépressions (sans variations avec la profondeur) que dans les parties supérieures.

Conclusions

Les grottes du Finalese ne sont pas des volumes fermés : l'air pénètre facilement, à la fois par ventilation et par diffusion. L'air échange sa chaleur avec les surfaces, mais l'effet thermique est très différent : là où les surfaces sont sèches, celles-ci tendent à avoir la même température que l'air ; là où il y a un léger suintement, l'évaporation peut rendre les surfaces bien plus froides que l'air hivernal. Enfin, là où le suintement est fort, la température de l'eau est décisive. Il arrive donc que sur la même colline, vous pouvez rencontrer côte à côte des grottes relativement chaudes et d'autres qui produisent du froid comme des réfrigérateurs !