

## Rapport d'activité H+ 2020

### 1. Faits marquants dans vos observatoires en 2020 :

#### Gestion des contraintes liées à la crise sanitaire

L'année 2020 a été largement perturbée par la crise sanitaire. Les acquisitions routinières ont pu globalement continuer mais certaines données ont été perdues du fait de la difficulté des démarches administratives pour se rendre sur site. Par ailleurs, plusieurs campagnes expérimentales ont dû être reportées ou ont été fortement impactées dans leur organisation. Même en début 2021, il est très difficile de se projeter pour planifier les expériences tant la situation reste incertaine. Afin de garantir la continuité des suivis et optimiser les missions sur site, nous souhaitons investir fortement dans les moyens de télétransmission des données.

#### Projet eLTER et structuration nationale

Depuis cette année, le SNO H+ participe activement au projet eLTER-plus et eLTER-PPP via l'observatoire du Larzac, ainsi qu'à la cellule eLTER-France core Team.

En 2020, le SNO H+ a participé activement à la structuration nationale au sein de l'IR OZCAR par son implication dans la construction de la plateforme régionale AAA (Anthropogenic Atlantic Landscape), plateforme de coordination inter-régionale d'observation – AgrHys, ZAar Zabri, Ploemeur, PFC (<https://osur.univ-rennes1.fr/news/glaz-le-projet-cper-2021-2027-sur-lenvironnement-continental-et-littoral-en-bretagne.html>).

#### Instrumentation

Les investissements principaux pour l'instrumentation des sites H+ en 2020 sont :

- L'installation d'un cosmic ray moisture sensor (financements INSU) pour le monitoring du stockage d'eau dans la zone non saturée sur le site du Larzac. Cette installation sera complétée par des capteurs de potentiel spontané (PS) et d'humidité du sol en 2021.
- La création de 3 nouveaux forages (M25, M26 et M27) sur le site de Poitiers
- La finalisation des nouvelles galeries (dans le cadre de MIGA et FEDER) dans le LSBB
- Le développement d'un site expérimental petite échelle dans la nappe alluviale du Doubs (AUVERWATCH), comprenant un puits de pompage, 6 piézomètres couplés à une fibre optique et 1 pluviomètre afin de mesurer les échanges entre les masses d'eau alimentant la nappe alluviale et cette dernière, de caractériser spatialement les écoulements et de comprendre l'évolution (transport, dégradation, stockage/relargage) des contaminants, notamment organiques.

#### Campagnes expérimentales

Une campagne expérimentale de traçage réactif à l'oxygène dissous, avec suivi chimique, gaz dissous et microbiologique, a eu lieu sur le site de Ploemeur-Guidel durant un mois dans le cadre du postdoctorat de Camille Bouchez et du projet CRITEX « tracer tests ». Cette expérience de grande ampleur visait à tester les hypothèses formulées dans l'étude de Bochet et al. (2020) sur la dynamique des hot spots microbiens profonds.

#### Recrutement et attractivité internationale

Deux recrutements d'hydrogéophysiciens (Rémi Valois, Simon Carrière) en tant que Maître de conférences ont eu lieu en 2020 dans les UMRs EMMAH et METIS. Ces chercheurs viendront renforcer des équipes fortement impliquées sur les sites du réseau H+ et de l'IR OZCAR.

Deux projets Marie Curie s'appuyant sur le site de Ploemeur-Guidel ont débuté en 2020 : Maria Klepikova (transfert de chaleur) et Sarah Coffinet (Interactions microorganismes et matière organique : Impact de l'activité microbienne sur le cycle du carbone dans les zones humides).

### **Implication des chercheurs H+ dans le projet PIA3 TERRA FORMA**

Les équipes H+ ont été fortement impliquées dans la construction du projet TERRA FORMA (PI Laurent Longuevergne, responsable du site de Ploemeur-Guidel), sélectionné dans l'appel à projet PIA3. Plusieurs observatoires H+ ont été proposés comme sites de déploiement des capteurs.

## **2. Publications 2020**

### **Articles**

1. Blazevic, L. A., Bodet, L., Pasquet, S., Linde, N., Jougnot, D., & Longuevergne, L. (2020). Time-Lapse Seismic and Electrical Monitoring of the Vadose Zone during A Controlled Infiltration Experiment at the Ploemeur Hydrological Observatory, France. *Water*, 12(5), 1230.
2. Bochet, O., Bethencourt, L., Dufresne, A., Farasin, J., Pédrot, M., Labasque, T., ... , Le Borgne, T. (2020). Iron-oxidizer hotspots formed by intermittent oxic–anoxic fluid mixing in fractured rocks. *Nature Geoscience*, 13(2), 149-155.
3. Bodin J. 2020. MFIT 1.0.0: Multi-Flow Inversion of Tracer breakthrough curves in fractured and karst aquifers. *Geosci. Model Dev.* 13, 2905–2924. DOI: 10.5194/gmd-13-2905-2020
4. Carrière SD, Martin-StPaul NK, Cakpo CB, Patris N, Gillon M, Chalikakis K, Doussan C, Oliosio A, Babic M, Jouineau A, et al. 2020. The role of deep vadose zone water in tree transpiration during drought periods in karst settings—Insights from isotopic tracing and leaf water potential. *Science of the Total Environment* 699: 134332
5. Carrière SD, Ruffault J, Pimont F, Doussan C, Simioni G, Chalikakis K, Limousin J-M, Scotti I, Courdier F, Cakpo C-B. 2020. Impact of local soil and subsoil conditions on inter-individual variations in tree responses to drought: insights from Electrical Resistivity Tomography. *Science of the Total Environment* 698: 134247
6. Carrière, S. D., Ruffault, J., Cakpo, C. B., Oliosio, A., Doussan, C., Simioni, G., ... & Martin-St-Paul, N. K. (2020). Intra-specific variability in deep water extraction between trees growing on a Mediterranean karst. *Journal of Hydrology*, 590, 125428.
7. Castellazzi, P., Burgess, D., Rivera, A., Huang, J., Longuevergne, L., & Demuth, M. N. (2019). Glacial melt and potential impacts on water resources in the Canadian Rocky Mountains. *Water Resources Research*, 55(12), 10191-10217.
8. Cooke, A.-K., Champollion, C., and Le Moigne, N.: Evaluation of the capacities of a field absolute quantum gravimeter (AQG#B01), *Geosci. Instrum. Method. Data Syst. Discuss.* [preprint], <https://doi.org/10.5194/gi-2020-22>, in review, 2020.
9. Fores, B., Klein, G., Le Moigne, N., & Francis, O. (2019). Long-term stability of tilt-controlled gPhoneX gravimeters. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 124, 12264– 12276. <https://doi.org/10.1029/2019JB018276>
10. Mari JL , Porel G and Delay F. 2020. Contribution of full wave acoustic logging to the detection and prediction of karstic bodies. *Water* 12(4):948. DOI: 10.3390/w12040948
11. Mazzilli N, Chalikakis K, Carrière SD, Legchenko A., 2020. Surface Nuclear Magnetic Resonance monitoring reveals karst unsaturated zone recharge dynamics during a rain event. *Water* 2020, 12, 3183; doi:10.3390/w12113183
12. Simon, N., Bour, O., Lavenant, N., Porel, G., Nauleau, B., Pouladi, B., & Longuevergne, L. (2020). A Comparison of Different Methods to Estimate the Effective Spatial Resolution of FO-DTS Measurements Achieved during Sandbox Experiments. *Sensors*, 20(2), 570.
13. Simon N., O. Bour, N. Lavenant, G. Porel, B. Nauleau, B. Pouladi, L. Longuevergne and A. Crave, A numerical and experimental validation of the applicability of active-DTS

experiments to estimate thermal conductivity and groundwater flow velocity, Water Resources research sous presse

### **Jeux de données**

1. Carrière SD, Martin-StPaul NK, Cakpo CB, Patris N, Gillon M, Chalikakis K, Doussan C, Oliosio A, Babic M, Jouineau A. 2020. Tree xylem water isotope analysis by Isotope Ratio Mass Spectrometry and Laser Spectrometry: a dataset to explore tree response to drought. [Data in Brief](#): 105349
2. Données gravimètre supraconducteur <https://doi.org/10.5880/igets.la.11.001>

### **Livres**

1. Lázaro Roche I., S. Pasquet, K. Chalikakis, N. Mazzilli, M. Rosas-Carbajal, J. B. Decitre, L. Serene, C. Batiot-Guilhe, C. Emblanch, J. Marteau and S. Gaffet. (accepted). Water resource management: the multi-technique approach of the Low Background Noise Underground Research Laboratory of Rustrel, France, and its muon detection projects. [AGU BOOK](#).

### 3. Projets (soumis, financés, non financés)

Observatoire	Acronyme	Titre_complet	Type de financement	Coordinateur	Partenaires académiques	Partenaires Socio-économique	Sites d'Etudes	Montant total	Montant équipes françaises	Montant équipes porteuses de l'observatoire	Date début	Date fin	Statut (soumis, financé, non financé)
<b>OZCAR RZA</b>	TERRA FORMATA	Concevoir et tester l'observatoire intelligent des territoires à l'heure de l'Anthropocène	PIA3 EQUIPEX	L. Longuevergne	19 universités et instituts	Extralab (PME)	OZCAR+RZA	11 000 k€					accepté
<b>HPLUS</b>	NEGE	Nouveaux Equipements pour les Géosciences et l'Environnement (NEGE)	CPER	E. Servat	GM, HSM, BRGM (pour la partie Larzac)	Parc Régional des Grands Causses	Larzac	5000 k€		500 k€	01/01/2021	01/01/2026	soumis
<b>HPLUS</b>	ENIGMA	European training Network for in situ imaging of dynamic processes in heterogeneous subsurface environments	H2020	P. Davy	20 universités et entreprises	ITASCA, mQuans, SILIXA	Ploemeur, Larzac, Hyderabad, LSBB	4000 k€		1000 k€	01/01/2017	30/01/2021	Accepté
<b>HPLUS</b>	GLAZ	GLAZ ENVIRONNEMENT : Projet CPER sur l'environnement continental et littoral en Bretagne	CPER	L. Longuevergne, C. Piscart, A. Leynaert, P. Rimmelin-Maury	Géosciences, OSUR, ECOBIO, LETG, OSUNA, IUEM, IFREMER, UMR SAS		H+ Ploemeur, AgrHrys, Zaar, Zabri, ORE PFC	2 000 k€					soumis
<b>HPLUS</b>	IRONSTONE	Integrating micRObial dyNamicS criTical zONE	ANR	A. Dufresne	Géosciences, ECOBIO, IPR		Ploemeur	600 K€					soumis
<b>HPLUS</b>	Albion 2	Analogue laboratory to build images of onsite networks	TOTAL	N. Mazzilli	AU		LSBB-FDV	381 K€			2018	2021	accepté

<b>HPLUS</b>	BOSCO	Observatoire Spatial du Contenu en Eau des Sols en Bretagne	Space Climate Observatory	L. Longuevergne	Géosciences, OSUR, SAS, LETG,	DREAL, OEB, Météo France, GIS BRETEL, Rennes Métropole	H+ Ploemur, AgrHrys ZAar, ZAbri, ORE PFC	270 k€			2021		soumis
<b>HPLUS</b>	Rivière s2070	Une nouvelle approche des rivières : prospective à 50 ans au croisement des dynamiques naturelles et anthropiques	CNRS MITI	V. Vantilbeurg h / L. Longuevergne	Géosciences, ESO, Ecobio, LETG		Ploemur	48 k€ + thèse			2019	2020	accepté
<b>HPLUS</b>	AUVE REAC	Etude de la vulnérabilité et de la réactivité des aquifères alluviaux face aux changements globaux, à partir de l'exemple de la nappe alluviale de l'Allier	AELB ISITE CAM	Hélène Celle-Jeanton/ Gilles Mailhot	UCA/UBFC	AELB / Clermont Auvergne Métropole / Laboratoires Vichy /DDT Puy de Dôme	AUVERW ATCH	50 k€ 50 k€ 30 k€		50 k€ 50 k€ 30 k€	1/10/2020	30/09/2023	Accepté
<b>HPLUS</b>		Utilisation de la chaleur pour quantifier les écoulements dans les aquifères granulaires hétérogènes : application au transport de solutés et d'énergie	Echange France-Canada	J. Raymond / L. Longuevergne	INRS /		Ploemur	50 k€	20 k€				soumis
<b>HPLUS</b>	Trailab	Laboratoire mobile autonome	CNRS, Rennes Métropole	E. Chatton	OSUR, Géosciences		Ploemur	40 k€			2021		50% acquis, 50% soumis
<b>HPLUS</b>	CHRIS TMAS	Caractérisation à Haute Résolution Spatiale et Temporelle du Métabolisme Aquatique dans les eaux de Surface (CHRISTMAS)	INSU EC2CO	E. Chatton	OSUR, Géosciences, ECOBIO, CARTEL		Ploemur, OLA, lacs sentinelles	29 k€			2021		soumis
<b>HPLUS</b>	Bio-Karst	Géomicrobiologie des environnements karstiques - Impact de l'activité de la vie intraterrestre sur la formation de reliefs karstiques	MITI-défi Origin	C. Pisapia	IPGP, Traces, GM		Larzac	20 k€		20 k€	01/01/2020	01/01/2021	accepté

<b>HPLUS</b>	AUVERWAT CH-3		AELB	Hélène Celle- Jeanton/ Gilles Mailhot	UCA/UBFC	AELB / Clermont Auvergne Métropole / Laboratoires Vichy /DDT Puy de Dôme	Sites AUVERWAT ACH	18 k€		18 k€	4/6/20 19	4/6/2 020	accepté
<b>HPLUS</b>	GOST	Géomicrobiologie d'aquifères profonds et impact de l'activité microbienne sur la fantomisation de Systèmes karstiques	TELLUS- Intervie	C. Pisapia	IPGP, GM, Traces		Larzac, Afrique du Sud	15 k€		7.5 k€	01/06/ 2021	01/06 +/202 3	soumis
<b>HPLUS</b>	GRAVE	Estimer l'évapotranspiration grâce à la gravimétrie supraconducteur - approche multi-sites: Observatoire du Larzac, Bassin versant du Strengbach, Fontaine de Vaucluse-LSBB	OZCAR et H+	S. Carrière	GM, METIS, LYGHES, INRAE- EMMAH		Larzac, LSBB, Strenbach	10k€			03/03/ 2020	03/03 /2021	soumis
<b>HPLUS</b>	TIRAMISU	Amélioration de la connaissance des sources thermominérales radioactives suivies dans la ZATU	UCA – Fédération de Recherche en Environnement	Hélène Celle- Jeanton / Vincent Breton / Aude Beauger	UCA / UBFC	Laboratoires Vichy	AUVERWAT ACH	4.6 k€		4.6 k€	1/3/20 20	1/12/ 2021	financé

#### 4. Thèses (en cours ou terminées)

NOM PRENOM	INTITULE THESE	TYPE FINANCEMENT	MONTANT FINANCEMENT	ECOLE DOCTORALE	RESP THESE	DATE DEBUT	DATE SOUTENANCE
<b>ANNE-KARIN COOKE</b>	Characterisation of a new mobile absolute quantum gravimeter: Application in groundwater storage monitoring	ITN ENIGMA	100 %	Ecole doctorale GAIA, Université Montpellier	C. Champollion	01/09/2018	30/10/2020
<b>LAINA PEROTIN</b>	Caractérisation de la recharge et des transferts au sein des aquifères karstiques par l'utilisation des gaz dissous	BRGM-Région Occitanie	90 k€	Ecole doctorale GAIA, Université Montpellier	V. De Montety	01/09/2019	
<b>LARA BLAZEVIC</b>	Monitoring spatio-temporal water redistribution in the subsurface with seismic methods	ITN ENIGMA	100%	GRNE	Bodet, L. Longuevergne et D. Jougnot	01/09/2017	18/09/2020
<b>BEHZAD POULADI</b>	Active DTS methods to quantify subsurface flow distribution and dynamics	ITN ENIGMA	100%	EGAAL	Olivier Bour, Laurent Longuevergne	2018	2021
<b>IVAN OSORIO</b>	La respiration aérobie de la zone critique	Ministère	100%	EGAAL	Tanguy Le Borgne, Camille Bouchez, Thierry Labasque	2019	2022
<b>MELISSA GARRY</b>	Dynamique des « hot spots » de bactéries oxydantes du Fer	ERC ReactiveFronts	100%	EGAAL	Tanguy Le Borgne, Hervé Tabuteau, Alexis Dufresne	2020	2023
<b>ELIAS GANIVET</b>	Représentation des paysages et rivières du futur sous pression climatique et anthropique : vers le croisement des approches physiques et sociologiques	CNRS MITI	100%	EGAAL	V. Vantilbeurgh, L. Longuevergne	2020	2023
<b>HOFFMAN RICHARD</b>	Multiscale characterization of transport in heterogeneous porous and fractured aquifer media using innovative heat and solute tracer tests	ITN ENIGMA	100%	Univ Liege	A. Dassargues et P. Goderniaux		14/01/2021
<b>SERENE LEÏLA</b>	Caractérisation hydrodynamique et hydrogéochimique multi-échelle et multidimensionnelle de l'hétérogénéité spatio-temporelle des flux au sein de la zone non saturée en milieu karstique.	Bourse ministérielle	100%		dir C. Batiot, C. Emblanch, co-encadrement N.Mazzilli	2019	

	Implication sur la recharge, le temps de transit et la vulnérabilité de la ressource en eau des aquifères karstiques						
<b>LABBE JORDAN</b>	Etude de la vulnérabilité et de la réactivité des aquifères alluviaux face aux changements globaux, à partir de l'exemple de la nappe alluviale de l'Allier	AELB/ISIT E	100 k€	EDSF - UCA	Hélène Celle-Jeanton / Gilles Mailhot	1/10/2020	31/9/2023

## 5. Stages de Master et autres projets de formation

PRENOM NOM	INTITULE	TYPE	DATES
<b>HAZAR MOSHBAHI</b>	Formation à la gravimétrie absolue	Visite thèse Tunisie	01/09/2020-18/12/2020
<b>DESERT LUCAS</b>	Etude de la recharge de l'aquifère du Dogger. Exemple du SEH de Poitiers	L3	Mai juin 2020
<b>GOICHAUD ROBIN</b>	Création d'un logiciel de comparaison des chroniques piézométriques du Site Expérimental Hydrogéologique (SEH) de l'Université de Poitiers	L3	Mai6 juin 2020
<b>BERTEAUD JEREMY</b>	Mise à jour et mise en valeurs des données météorologiques de la région de Poitiers. Exemple avec le SEH	L3	Mai juin 2020
<b>CHEBASSIER HUGO</b>	Corrélation entre vugs et conductivité hydraulique (SEH)	Master 1	Avril – juin 2020
<b>DUQUERROY REMI</b>	Contribution à l'identification d'une signature mono-conduit dans les tests de traçage en aquifère karstique.	Master 1	Avril-juin 2020
<b>DUCASSE JOSHUA</b>	Etude des données climatologiques hautes fréquences	Master 1	Avril-juin 2020
<b>GROSSI REMI</b>	Estimation du stock d'eau dans l'aquifère du Jurassique Moyen (Dogger) du Site Expérimental Hydrogéologique (SEH)	Master 1	Avril-juin 2020
<b>MELISSA GARRY</b>	Etude des bactéries oxydantes du Fer sur le site de Ploemeur	Master 2	Avril-Juin 2020
<b>LUDOVIC MALAISE</b>	Relation entre le cycle hydrologique et la sismicité : hydro-sismicité naturelle	Master 1	Avril-Juin 2020

## 6. Ressources de vos observatoires.

La table 1 ci-dessous synthétise le budget du réseau H+ 2020 (hors thèses et postdocs) qui s'élève à environ 360 k€. Pour l'année 2020, les différents projets s'appuyant sur les observatoires du réseau ont également financé une dizaine de thèses et 4 postdocs, correspondant à un budget en CDD d'environ 500 k€. Bien qu'il ne représente que 10% du budget total hors thèses et CDDs cette année, le budget récurrent du SNO (38k€) est très important pour maintenir l'instrumentation des sites et exerce un important effet de levier pour obtenir les autres financements. Néanmoins, depuis l'intégration des budgets SOERE dans l'IR OZCAR, ce financement récurrent est devenu trop faible pour garantir l'animation du réseau, les missions entre équipes, le soutien logistique de la base de données H+ et le maintien des tâches d'observations (suivis, campagnes et expérimentations) sur l'ensemble du réseau H+, qui comprend 6 sites hautement instrumentés. Ainsi, une grande partie du financement lié au fonctionnement des sites, à la jouvence des capteurs et équipements, et aux frais de missions attendant

repose sur d'autres crédits et projets, ce qui ne permet pas de garantir à terme le maintien des tâches d'observations du SNO.

<b>budget 2020 (hors thèses et CDDs)</b>	<b>Total (k€)</b>
<b>Missions</b>	70
<b>consommables et analyses</b>	80
<b>équipements (investissement et jouvence)</b>	200
<b>TOTAL</b>	360
<b>CNRS INSU SNO H+</b>	38
<b>INSU (exceptionnel COSMIC RAY Larzac)</b>	50
<b>Universités, OSU, BRGM</b>	90
<b>Agence de l'eau, mécénat, métropoles</b>	35
<b>CPER, régions</b>	101
<b>Projets européens (hors thèses et postdocs)</b>	46

Table 1 : Budget 2020 estimé pour l'ensemble des sites du réseau H+ (hors salaires thèses et postdocs)