

# MISE EN PLACE D'UN RÉSEAU DE MESURES HYDROLOGIQUES EN MONTAGNE CÉVENOLE : ENJEUX, CONTRAINTES ET CONCEPTS DE RÉALISATIONS

Jean Claude BERGÈS<sup>1</sup>, Julie TROTTIER<sup>2</sup>, Chiraz BELHADJ-KADER<sup>3</sup>

1. UMR 8586 PRODIG/Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, zebulon@univ-paris1.fr

2. UMR 8586 PRODIG/CNRS, julie.trottier@cnrs.fr

3. Département de Géographie/Université de la Manouba, chiraz\_belhadj@yahoo.fr

**A network of hydrologic stations in Cevennes mountains: stakes, constraints and system concept**

**Mots-clés :** systèmes ouverts, réseau de mesure, Cévennes, hydrologie

**Keywords:** Open system, measurement network, Cevennes, hydrology

## Introduction

La commune de Mandagout, terrain où se réalise actuellement ce premier déploiement, se situe au sud des Cévennes, et est une zone caractérisée par de forts dénivelés et des précipitations intenses ; phénomènes dont la fréquence devrait s'accroître avec l'accélération du cycle hydro-climatique induit par le réchauffement global (Giorgi *et al.*, 2011). Ainsi, l'événement pluvio-orageux du 19 septembre 2020 a eu des conséquences d'autant plus dramatiques pour cette commune que le réseau hydraulique vernaculaire est en désuétude. Ce réseau complexe de terrasses, collecteurs et mines d'eau ne pouvant plus être entretenu en l'état du fait de la déprise agricole (Salesse, 1993), nous avons engagé une étude des flux et de leur interaction avec divers ouvrages récents afin d'identifier ses points sensibles. Au-delà des enjeux immédiats de sécurité civile, cette action de recherche vise à fournir à quantifier des paramètres hydrologiques liés à la tenure de l'eau sur ce terroir.

## 1. La stratégie de collecte et ses contraintes

Mener à bien cette étude suppose de disposer de jeux de données tant sur la topographie et l'occupation des sols que sur l'hydrologie. Si la récente disponibilité des données Lidar à haute définition grâce à l'IGN permet d'obtenir des modèles numériques de terrain précis jusqu'à 50 cm en sol nu, les données liées aux précipitations, ruissellement et écoulement de subsurface sont plus complexes à obtenir. En pluviométrie, la zone est couverte par le réseau radar de Météo-France, récemment librement accessible, mais qui ne résout pas les échelles les plus fines de l'étude. Ces limitations ont conduit la municipalité de Mandagout et l'UMR PRODIG à développer un réseau de stations automatiques mesurant l'humidité du sol à diverses profondeurs, la température du sol et le cumul pluviométrique.

Les contraintes de ce projet sont à la fois sociales et environnementales. Financé et exploité par la municipalité, il s'inscrit dans une démarche de sciences citoyennes ce qui impose, non seulement une ouverture du processus d'acquisition, mais également une architecture suffisamment simple et robuste pour pouvoir être maintenue sur le long terme. Cette contrainte exclut beaucoup de solutions propriétaires et oriente vers des systèmes ouverts. D'autre part les stations de mesure sont installées dans des emplacements dépourvus d'accès aux réseaux (alimentation électrique et de télécommunication) et d'un accès parfois difficile.

## 2. La conception d'une station de mesure hydrologique

Une station automatique est organisée autour d'un microcontrôleur qui réalise les mesures puis les enregistre et les transmet. Sa mise en œuvre repose sur le système Arduino (Kushner, 2011) qui est actuellement l'environnement de développement pour microcontrôleurs le plus répandu parmi les logiciels libres. Il se compose, d'une part, d'une interface comprenant éditeur et compilateur qui fonctionne sur tous les systèmes d'exploitation et, d'autre part, d'une série de cartes électroniques de différentes capacités et formats. Les fonctions à assurer étant très simples, une carte d'entrée de gamme a été sélectionnée.

Le premier objectif de ce dispositif est d'évaluer l'humidité du sol. Celle-ci est estimée en mesurant la conductivité électrique à diverses profondeurs. Bien que simple et économique, ce système présente quelques limitations : s'agissant d'une mesure indirecte, l'information obtenue est relative et les phénomènes électrolytiques induisent une dérive des capteurs. Ces mesures sont complétées par la température de sol et le cumul de précipitations. Pour cette dernière mesure, un dispositif original a été développé. Il repose sur un composant capable de mesurer de faibles différences de pression qui est relié à un tube vertical collectant la pluie. Cette mesure rend le système plus complexe et encombrant mais elle est directement liée au phénomène et fournit une

information de première importance sur les effets orographiques. Dans un contexte où le risque d'incendie devrait être évalué, ce système pourrait facilement être complété par des mesures aérologiques (vitesse de vent, température et humidité d'air).

L'emploi de processeurs à faible consommation simplifie la conception des boîtiers et ne demande pas de dispositifs de réfrigération. En revanche, l'alimentation électrique reste un point sensible. Les sites d'implantation des stations n'étant pas nécessairement situés à des emplacements favorables pour un support de panneaux solaires, une alimentation par piles a été préférée. Un tel choix impose de réduire au maximum la consommation électrique, ceci étant réalisé par l'intégration d'un TPL5510, un composant fonctionnant à très faible consommation (35 nA) qui ouvre périodiquement le circuit toutes les deux heures. Outre l'économie d'énergie, ce dispositif permet de ralentir les phénomènes de corrosion sur les électrodes.

### 3. La conception du réseau de données

Effectuer le stockage des données uniquement sur carte SD rendrait difficile la concentration des données au-delà d'un petit nombre de stations et ne permettrait pas une détection rapide des dysfonctionnements. Dans la configuration déployée du dispositif de collecte, les stations émettent les données dès l'enregistrement vers un micro-serveur situé à la mairie qui assure un archivage centralisé et fait office de passerelle internet. Les émissions se font par des transmissions radio LoRa (Sanchez-Iborra *et al.*, 2018), sur une fréquence de 433 MHz peu perturbée par les précipitations et portant à plusieurs kilomètres en ligne de vue. Le logiciel des stations de mesure n'intègre pas LoRaWan, couches supérieures du réseau, par souci de simplicité mais également pour éviter tout temps d'attente après l'émission des données et permettre ainsi une mise hors tension immédiate.

Compte tenu du relief, des relais doivent être installés pour assurer l'acheminement de l'information. L'architecture de ceux-ci est très différente de celles des stations d'acquisition. Ils doivent être actifs en permanence, ce qui impose une alimentation par panneau solaire et batterie, et ils supportent le protocole LoRaWan pour contrôler l'acheminement des trames. Le serveur de la mairie sera un système monocarte Raspberry et permettra l'accès extérieur aux données. Ses fonctions étant simples et limitées, il ne sera pas nécessaire d'envisager une évolution de ce serveur. Tous ces équipements sont dotés d'enregistreurs afin de sécuriser les données.

### Déploiement du système

Le matériel a été récemment acquis pour un premier lot de stations d'acquisition et de relais. Un plan d'implantation de ce premier lot doit être effectué et un atelier de montage organisé. Une première étape consistera à déployer un réseau et à s'assurer d'un pôle de compétences locales. L'objectif à moyen terme sera de concevoir un dispositif d'archivage et de traitement en temps réel qui fournit des cartes ou données analysées. L'enjeu n'est pas uniquement technique, il s'agit aussi de concevoir ce portail de données en liaison étroite avec les citoyens participant au projet.

**Remerciements** : Nous tenons à remercier Emmanuel Grieu, maire de Mandagout, pour son appui sans faille.

### Bibliographie

- Giorgi F, Im E.S., Coppola E., Diffenbaugh N.S., Gao X.J., Mariotti L. & Shi Y., 2011 : Higher Hydroclimatic Intensity with Global Warming. *Journal of Climate*, **24**, 20.
- Kushner D., 2011 : The making of Arduino. *IEEE Spectrum*, <https://spectrum.ieee.org>
- Salesse E., 1993 : Irrigation par l'eau souterraine en Cévennes. Mines et sources de la commune de Mandagout (Gard). Mémoire de diplôme d'ingénieur en agronome tropicale, ESAT/CNEARC.
- Sanchez-Iborra R., Sanchez-Gomez J., Ballesta-Vinas J., Cano M.D. & Skarmeta A., 2018 : Performance evaluation of LoRa considering scenari conditions. *MDPI-Sensors*, **18**(3), 772.