



**HAL**  
open science

## Mise en place d'un réseau de mesures automatiques en montagne cévenole : enjeux, contraintes et concepts de réalisations

Julie Trottier, Chiraz Belhadj-Khedher, Jean Claude Bergès

### ► To cite this version:

Julie Trottier, Chiraz Belhadj-Khedher, Jean Claude Bergès. Mise en place d'un réseau de mesures automatiques en montagne cévenole : enjeux, contraintes et concepts de réalisations. XXXVIIe colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Jun 2024, Paris, France. hal-04620918

**HAL Id: hal-04620918**

**<https://hal.science/hal-04620918>**

Submitted on 22 Jun 2024

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Mise en place d'un réseau de mesures automatiques en montagne cévenole : enjeux, contraintes et concepts de réalisations

J.C. Bergès <sup>1</sup>, J. Trottier <sup>2</sup> & C. Belhadj-Khedher <sup>3</sup>

1 PRODIG/Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne

2 PRODIG/CNRS

3 Département de Géographie/Université de la Manouba

Une zone sensible aux aléas pluviométriques



Conduites en PVC et culture d'oignon doux : le nouveau visage du terroir de Mandagout

La commune de Mandagout, qui est le terrain où se réalise ce premier déploiement, est au Sud des Cévennes, 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. 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, 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 des éléments quantitatifs liés à la tenue de l'eau sur ce terroir.

L'évolution des pratiques culturales (production de l'oignon doux) et de l'occupation des sols a un impact immédiat sur le circuit de l'eau. Mais il est difficile de quantifier cet impact et donc de penser l'action publique en matière de tenue de l'eau. Un réseau de mesure de paramètres hydrologiques peut contribuer à un débat apaisé en fournissant ces éléments quantitatifs. Cet objectif impose un système ouvert et dont la gestion puisse être totalement transférée localement. Concevoir le projet comme une action de science citoyenne n'est pas un moyen de réduire les coûts en recourant au bénévolat mais un impératif pour atteindre aboutir à une meilleure compréhension du circuit hydro-social.

## Le cadre d'exploitation

### Les données disponibles :

- Lidar haute définition IGN (maille la plus fine 50 cm)
- Radar de précipitations Météo-France
- Mesures de stations automatiques (résistivité du sol, pluviométrie et température du sol)
- Relevés par smartphone (position GPS, photo et commentaires)

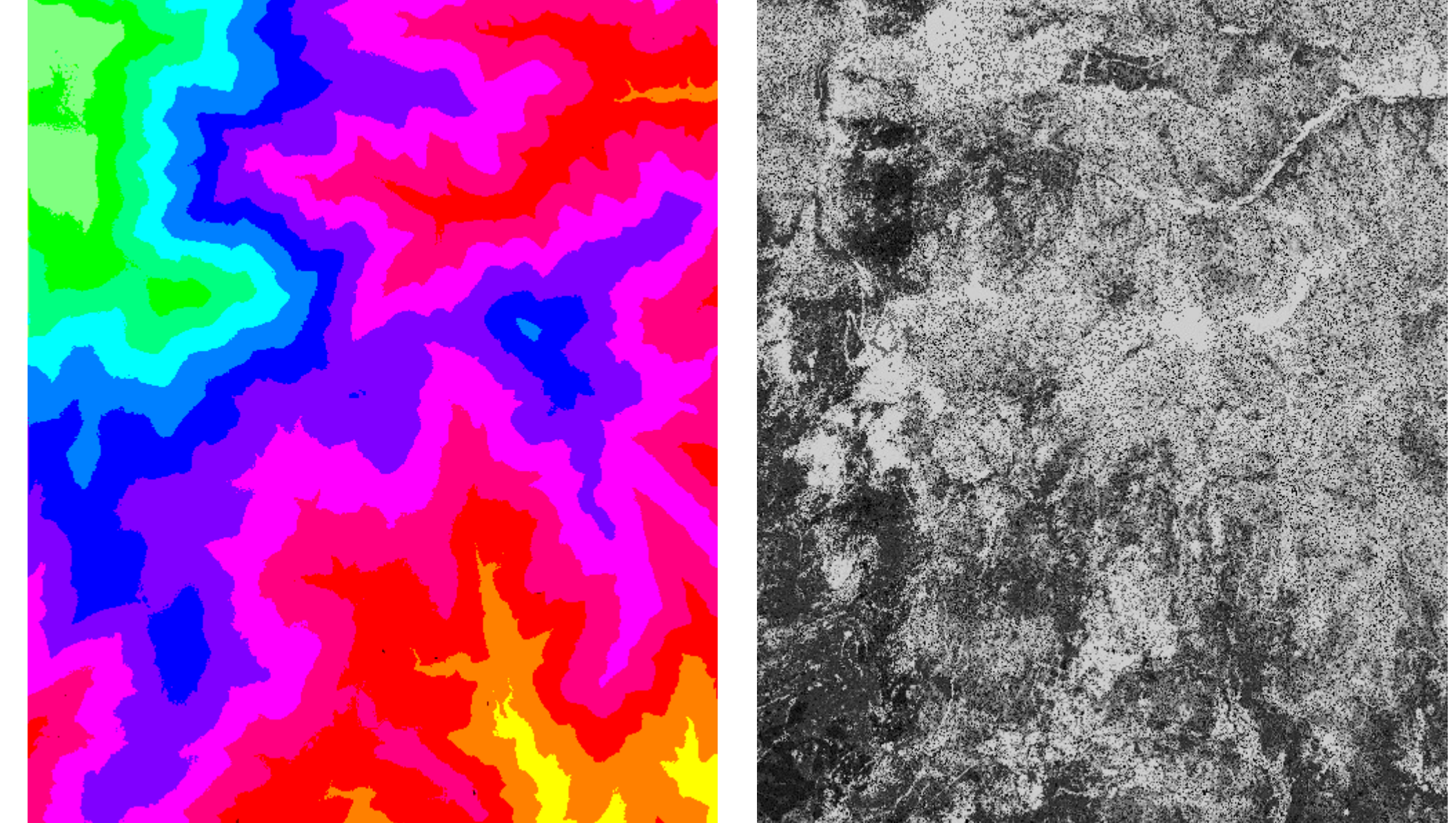
### Une concentration sur la municipalité :

- Transmission par radio ou SMS
- Serveur installé à la mairie

### Une supervision locale :

- Un coût de déploiement et d'exploitation contenu
- Un système ouvert
- Une capacité de maintenance locale

La stratégie de collecte

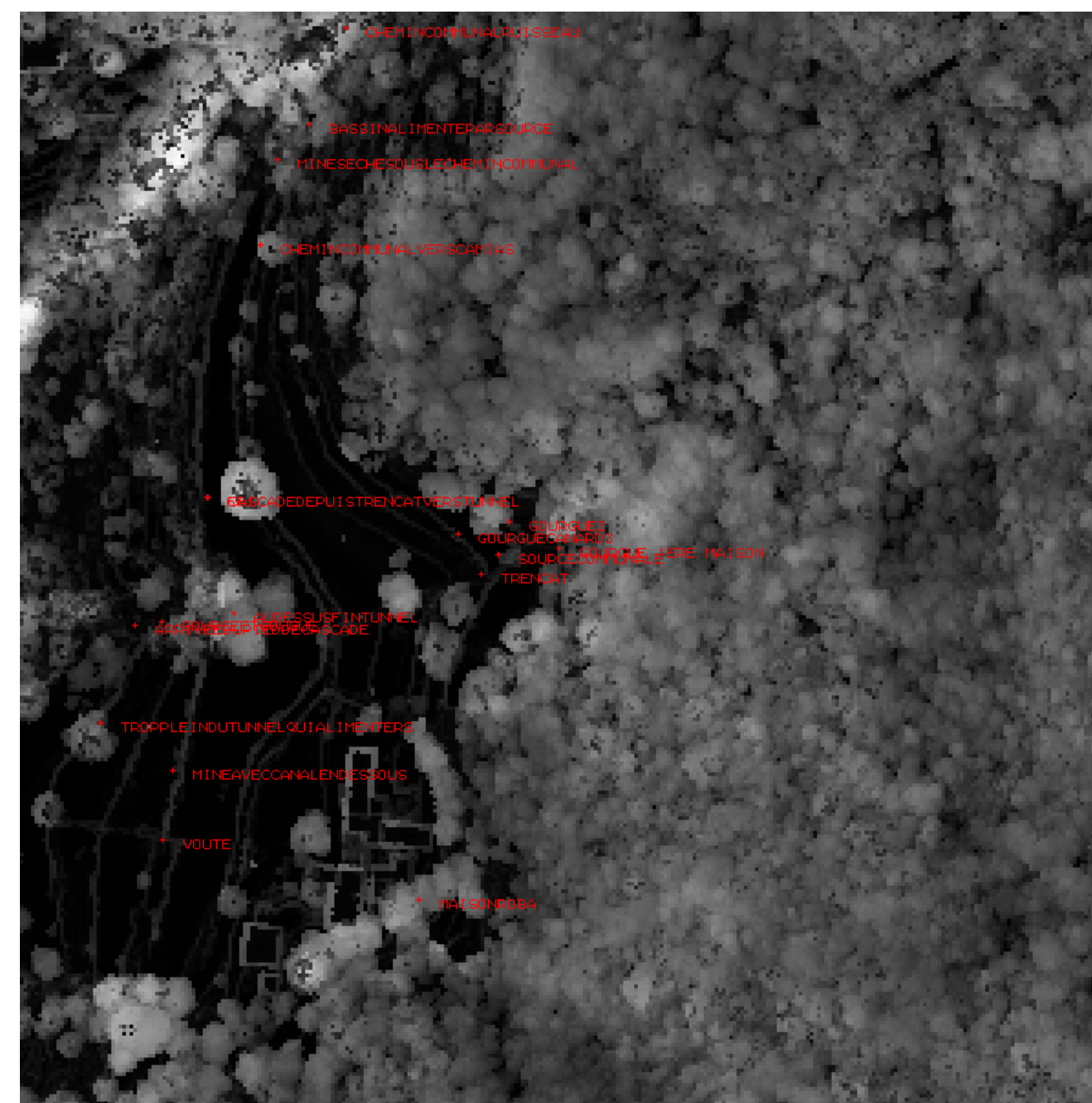


Couverture Lidar-HD IGN en altimétrie et réflectance

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 par 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 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. Cette limitation on conduit au développement d'un réseau de stations automatiques mesurant les paramètres suivants : humidité du sol à diverses profondeurs, température du sol et cumul pluviométrique.

Les contraintes de ce projet sont à la fois sociales et environnementales. Financé et exploité par la municipalité de Mandagout il s'inscrit dans une démarche de science citoyenne 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. D'autre part les stations de mesure doivent être installées dans des emplacements dépourvus d'accès aux réseaux (alimentation électrique et de télécommunication) et d'un accès parfois difficile.

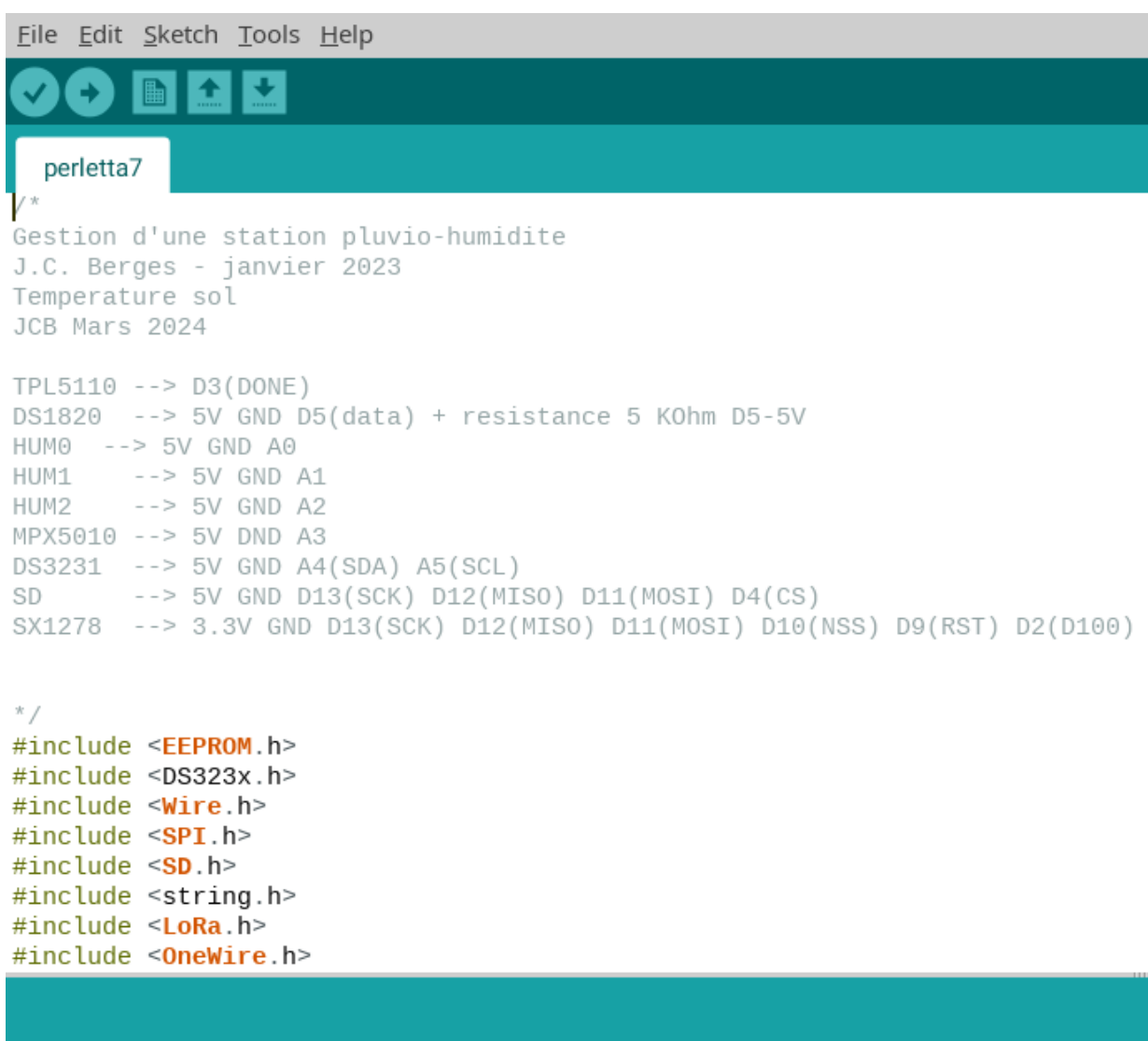
La finalité d'un dispositif d'acquisition conçu comme action de science citoyenne est de fournir à travers des moyens techniques maîtrisables une base de données fiable, accessible et pouvant être maintenue sur le long terme. Dans ce contexte, au-delà de l'investissement initial, le coût de l'exploitation et d'éventuelle évolution doit être pris en compte. Cette contrainte exclut beaucoup de solutions propriétaires et oriente vers des systèmes ouverts. Par ailleurs l'exploitation des données pourra être complexe et faire l'objet de contributions extérieures néanmoins une analyse minimale devra pouvoir être réalisée localement avec un simple tableur.



Relevé GPS superposé aux données LHD-IGN

## Conception et réalisation du système automatique de mesure PERLETTA

### Le système de micro-contrôleur et son environnement de développement



Le début du programme de contrôle sous l'interface Arduino

Les micro-contrôleurs sont des composants intégrant non seulement un processeur mais aussi tous ses périphériques. Compacts et de très faible consommation, ils sont en revanche dotés d'une capacité de calcul très limitée ce qui impose de les programmer à travers un système de développement.

Le consortium Arduino diffuse librement des plans de cartes à micro-contrôleur ainsi qu'un interface de programmation qui facilite la conception de circuits électroniques.

Cette application repose sur une carte Arduino Nano, s'électionnée pour sa compacité ainsi que sa facilité d'approvisionnement.



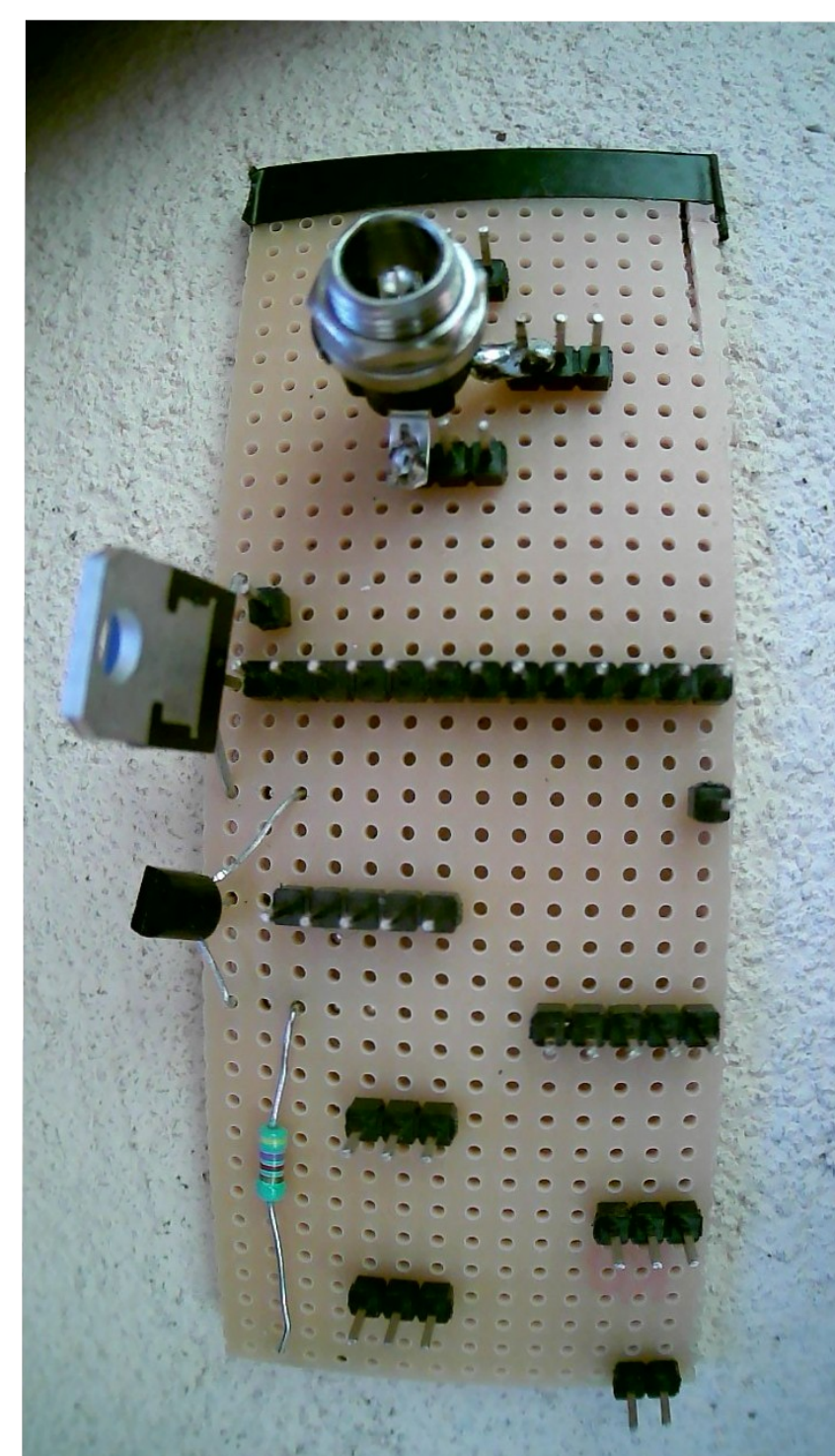
Carte Arduino Nano

### L'alimentation électrique

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 installés en emplacement favorables à un support des panneaux solaires, une alimentation par piles a été préférée. Un tel choix impose de réduire au maximum la consommation électrique et ceci réalisé par le TPL5110, un composant fonctionnant à 35 nA qui ouvre périodiquement un circuit (dans notre système toutes les deux heures). Outre l'économie d'énergie ce dispositif permet de ralentir les phénomènes de corrosion sur les électrodes.



Le composant TPL5110

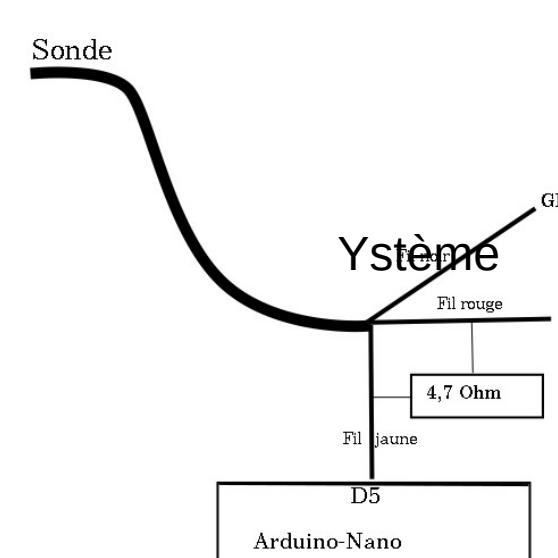


Le fond de panier

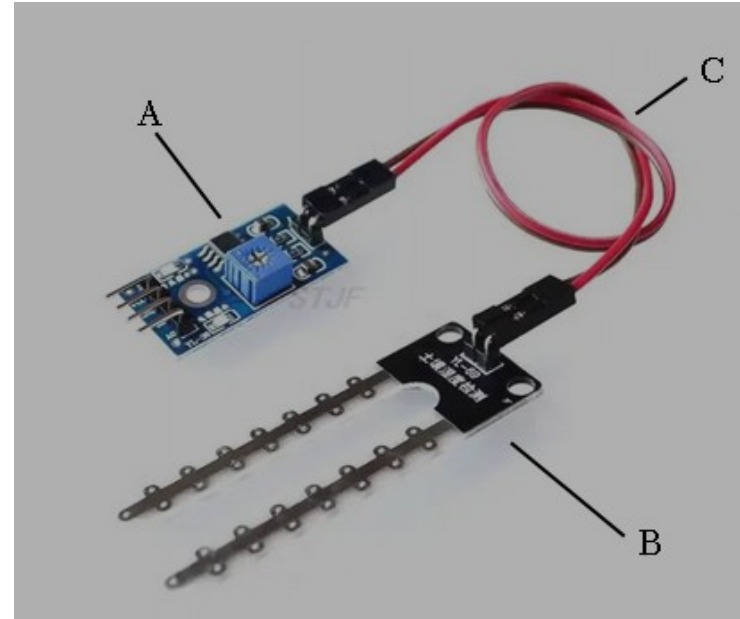
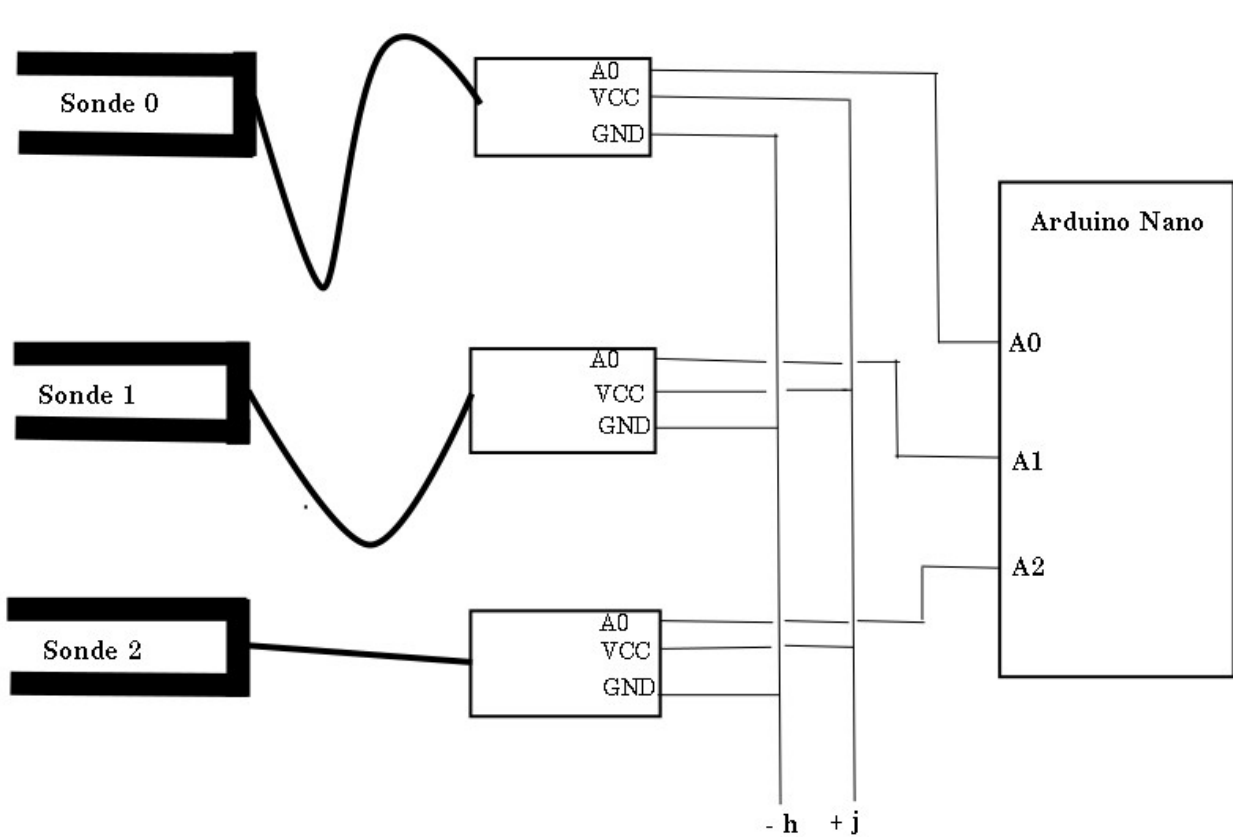
### Les capteurs

#### La température du sol

La température du sol est mesurée par le composant DS18B20B ; une sonde capable de fournir une mesure calibrée.



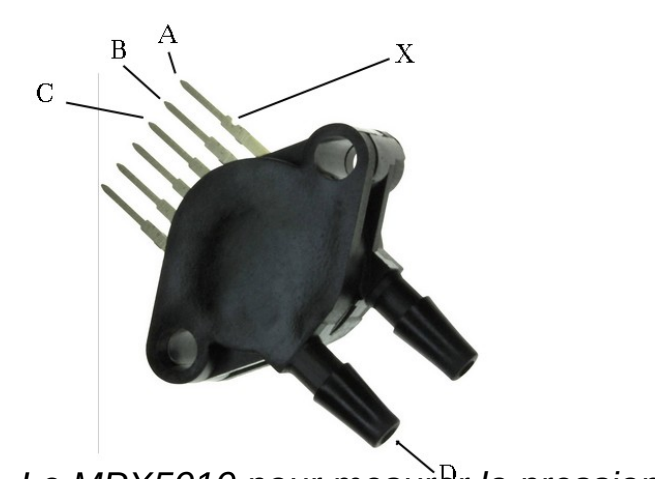
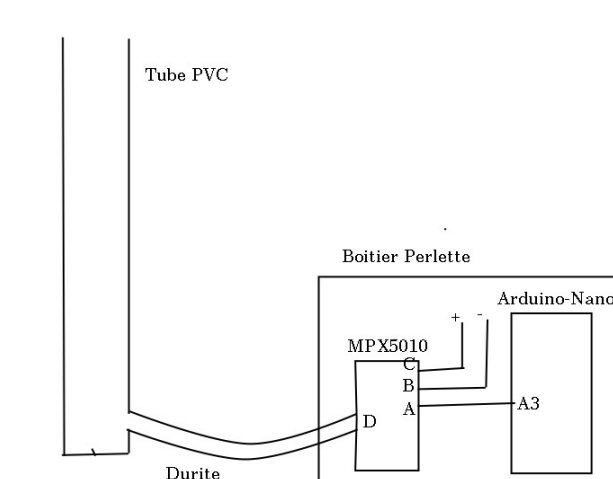
#### L'humidité du sol



Un dispositif de mesure de la conductivité du sol

L'humidité du sol est évaluée en mesurant la conductivité électrique à trois 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. L'exploitation de ces mesures demande que soit réalisée une calibration (idéalement) spécifique à chaque site par une sonde capacitive.

#### La pluviométrie



Le MPX5010 pour mesurer la pression

Pour la pluviométrie 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.

### Transmission et stockage des données

Ce système est complété par :

- une horloge alimentée par batterie
- un émetteur radio (Lora)
- une carte SD pour un stockage local

Les données sont transmises et stockées dans un format texte excel (CSV) par souci de clarté vis à vis des divers membres du réseau.

### Etat des développements

- \* Une dizaine de systèmes installés
- \* Les répéteurs radio mis en place cet été
- \* Le serveur actif et les applications en cours d'installation
- \* La formation du réseau d'intervenants engagée
- \* Une documentation à jour sur HAL



Un système monté (sans le tube de pluviomètre)

