

Les Réseaux de capteurs sans fil (RCSF)

Concepts et domaines d'application

Introduction

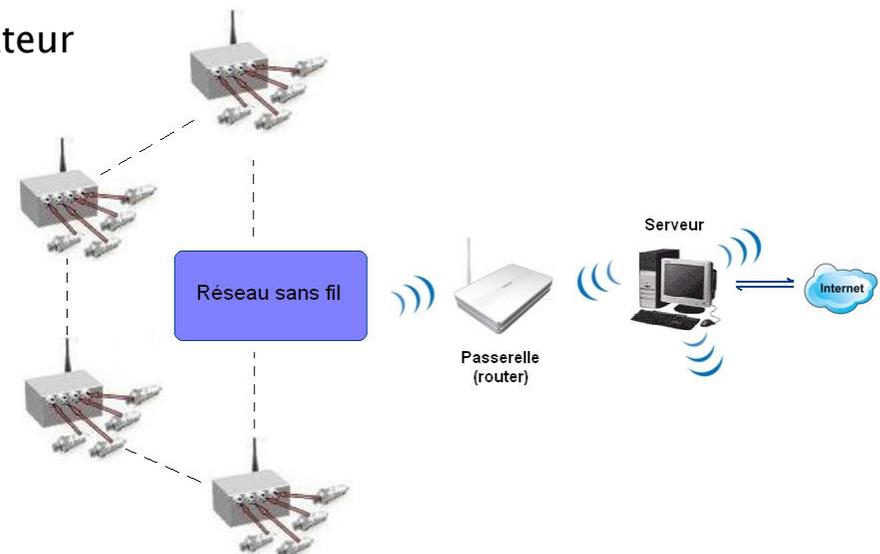
- Progrès dans les domaines de la microélectronique, de la micromécanique, des technologies de communication sans fil et des applications logicielles.
- RCSF => système de captage = véritable « système embarqué ».
- Nombreux domaines d'applications
(militaires, sécurité, environnement, médecine, commerce etc.)

Sommaire

1. Concepts et généralités
 1. Technologies de capteurs
 2. Architecture matérielle du capteur
 3. Composants logiciels
2. Exemples d'utilisation – Spécificités
 1. Exemples d'application en agriculture et météorologie
 2. Exemples d'application environnementale
 3. Exemple d'application en Recherche
3. Conclusions et perspectives

Définition Générale

- ▶ Un capteur sans fil : acquisition d'une donnée à l'aide d'un capteur de grandeur physique + (traitement) + transmission par technologie sans fil
- ▶ Un RCSF (Wireless Sensor Networks (WSN)) est un ensemble de capteurs regroupés au sein d'un même réseau sans fil.
 - considéré comme un type spécial de réseaux ad hoc
 - composé de « nœuds »
 - notion de « champs de captage ».
 - protocole de routage : étoile, « toile » ou hybride.
 - « point de collecte » ← requêtes utilisateur

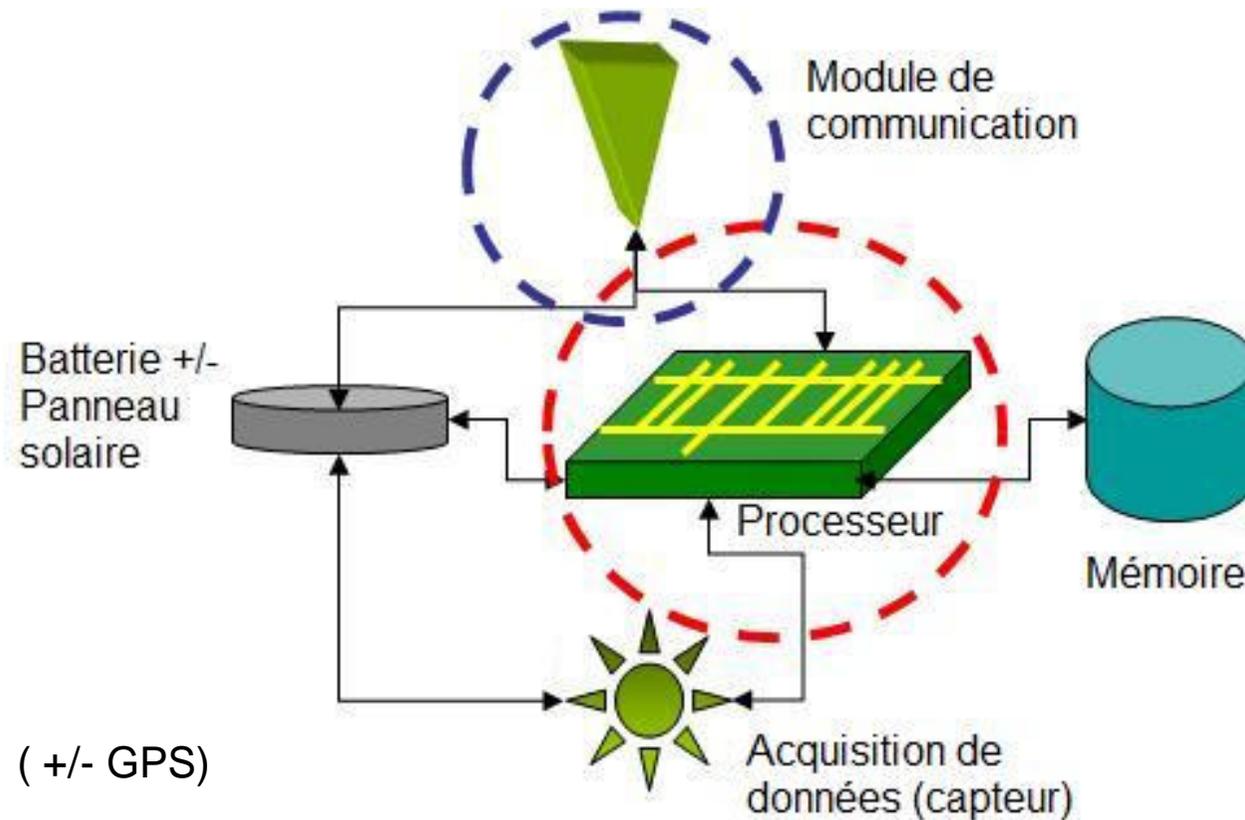


Technologie de capteurs

- ▶ Capteur « poussière » (smart dust)
 - Miniaturisation extrême (nanotechnologies)
 - Fonctionnalités limitées
 - Rares, en Recherche

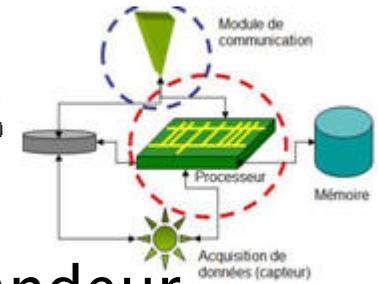
- ▶ Capteur dit « évolué »
 - Nouvelle génération de « systèmes embarqués »
 - Adapté dans un système d'acquisition de données
 - Couvrent un grand nombre de domaines d'applications

Architecture matérielle du capteur

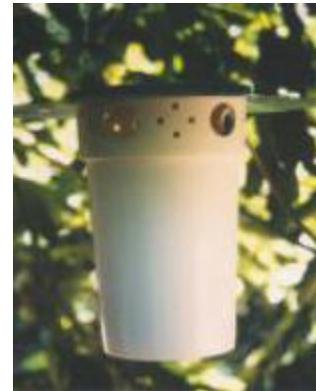


Source : « Architecture logicielle pour *capteurs sans-fil* en réseau. » - Séverine SENTILLES– 21 juin 2006

Dispositif d'acquisition de données



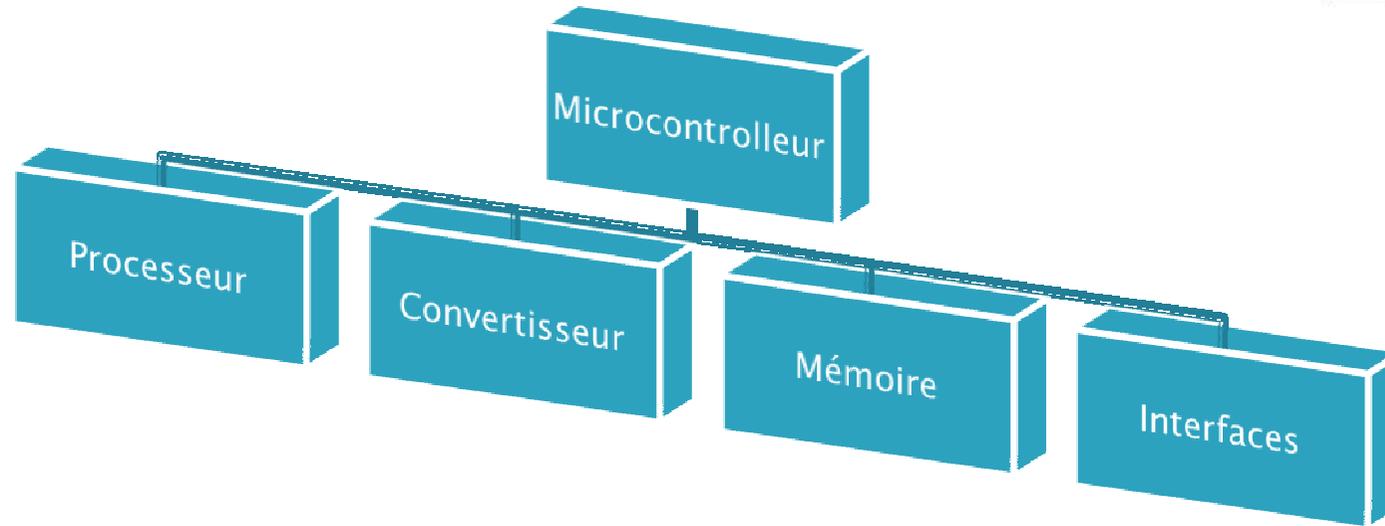
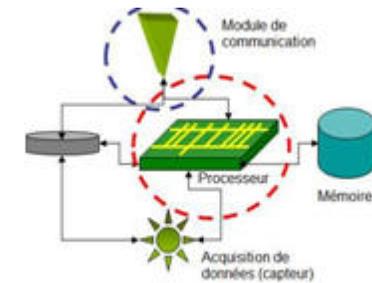
Définition : Instrument transformant une grandeur physique en une grandeur quantifiable.



Source : Agriscope

Il est possible d'envisager plusieurs dispositifs sur un même capteur.

Microcontrôleur



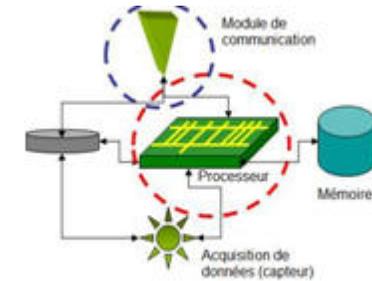
Processeur : unité de contrôle, de commande et de traitement (ARM7, MSP)

Convertisseur : transforme les signaux analogique en digital

Mémoire : RAM (intermédiaire de calcul) et/ou Flash (stockage)

Interfaces : permet d'interagir avec le système (Port série UART, USB, JTAG)

Module de communication



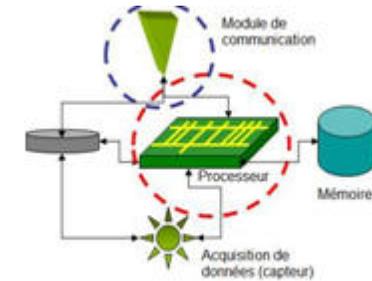
▶ 3 solutions:

- Technologies dédiées aux réseaux sans fil (IEEE)
- Téléphonie mobile
- Communication par satellites

Contraintes :

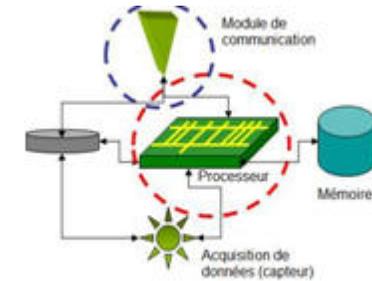
- Problèmes d'atténuation (distance, obstacles, pluie)
- Problèmes de Multi-trajet
- Problèmes d'interférences

Source d'alimentation



- Energies renouvelables (Solaire, Eolien)
 - ➔ Problème de puissance et de rendement
- Piles boutons, piles AA rechargeables
 - ➔ Autonomie variable et inférieure aux non rechargeables
 - ➔ 1,3V au lieu de 1,5V
- Blocs batteries dédiés
 - ➔ Chers et polluants mais dimensionable selon le capteur

Module de positionnement GPS



- ▶ Utile pour la localisation et la synchronisation des données.

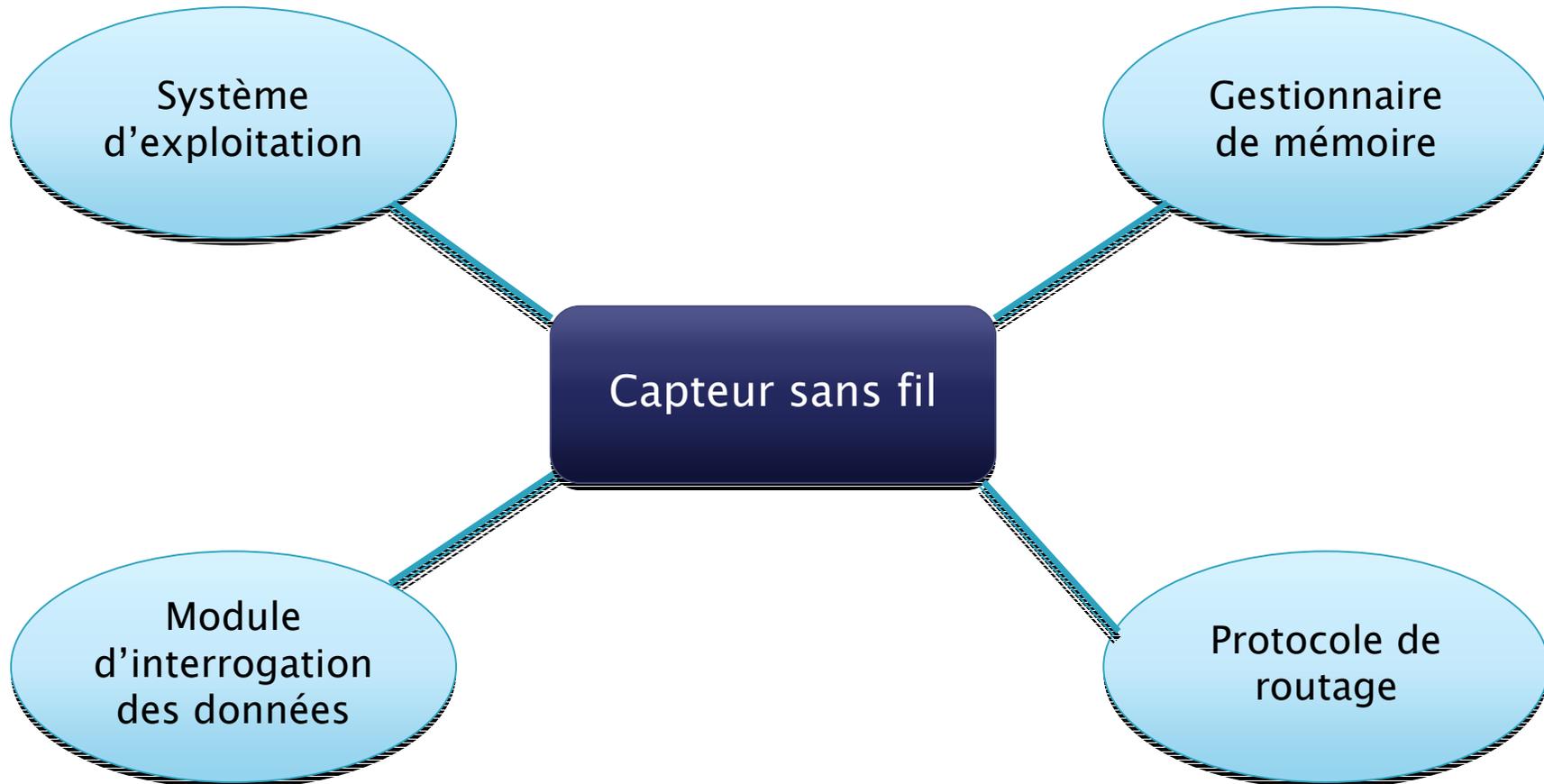
Contrainte :

→ souvent trop cher à mettre en place

Alternative pour la synchronisation :

→ protocole dérivé du SNTP (Simple Time Network Protocol)

Composants logiciels



Systemes d'exploitation (RCSF)

Systemes multitaches		Systemes basés sur les événements	Systemes hybrides	
MANTIS	AmbientRT	TinyOS (Open Source)	Contiki	LIMOS

▶ Systemes basés sur les événements

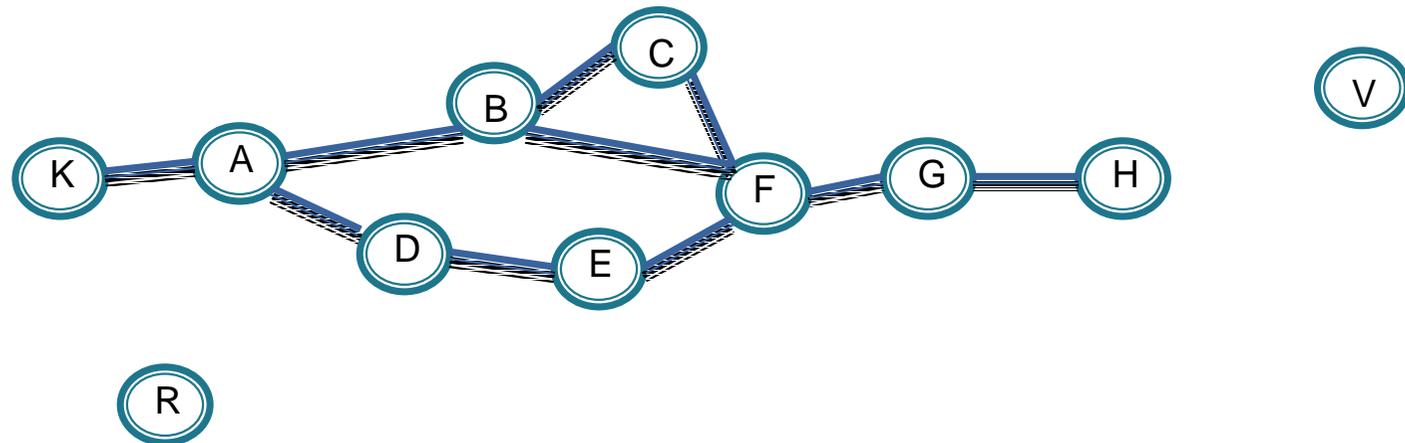
(= les plus courants)

- définition des événements gérés par le système
- exécution complète et en 1 seule fois de l'action (niv. de priorité)
- possibilité de déclenchement d'un événement par un autre

Protocoles de routage

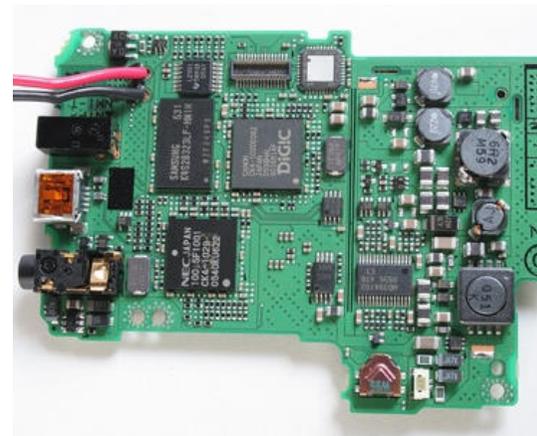
► Concepts

- Protocoles proactifs : stockage au niveau de chaque mobile d'un chemin vers tous les autres (construction initiale d'une table de routage)
- Protocoles réactifs : construction de la table de routage au gré des communications
- Protocoles hybrides : combinaison proactifs/réactifs (déf. de zones de fonctionnement proactif autour de chaque nœud.)



Gestionnaire de mémoire

- ▶ Utilisation de mémoire de type flash
- ▶ Adressage physique et logique sous TFFS
- ▶ Ne représente pas un problème aujourd'hui dans les RCSF mais influe sur la stratégie énergétique
- ▶ Réflexion sur la capacité de stockage en fonction de l'utilisation finale du produit (fréquence d'acquisition, volume de données etc.).
- ▶ En agri. : généralement, stockage limité de données brutes.



Module d'interrogation des données

- ▶ Envoi de requêtes SQL
 - opérateurs classiques ou TinyDB

- ▶ Systèmes utilisés
 - TinyDB (module de TinyOS)
 - Cougar

- ▶ Intérêt:
 - sélection des données d'intérêt
 - réduction du volume de données transmises...

Exemple:

```
SELECT Volume  
FROM Sensor1  
GROUP BY date  
SAMPLE PERIOD 15min
```

Bilan

- ▶ Matériel évolutif
- ▶ Choix des composants en fonction des enjeux et contraintes de l'application
- ▶ RCSF : beaucoup de recherche et encore peu d'applications concrètes en agriculture et environnement

Exemple d'utilisation des RCSF en agriculture :

– Le projet GoodFood –

▶ Contexte:

- Projet européen de recherche issu du 6^{ème} PCRD cherchant à assurer la sécurité et la qualité des aliments à l'aide d'outils issus des microtechnologies, des nanotechnologies et des technologies de microsystème.

▶ Période :

- Janvier 2003 – Septembre 2007

▶ Cout du projet :

- 17.43 million d'euros

▶ Projet Goodfood PechRouge :

- Suivi de la vigne



Exemple d'utilisation des RCSF en agriculture :

– Le projet GoodFood –

- ▶ 15 Stations réparties sur une parcelle de 1,14Ha
- ▶ Capteurs :
 - Température (air, sol, feuille), humidité (air, sol), dendromètre,...
- ▶ Communication :
 - Bluetooth, Zigbee (50m) et GPRS
- ▶ Alimentation :
 - batterie dédiée et solaire (Passerelle)
- ▶ Récupération des données:
 - Automatique, toutes les 15 minutes, accès web

Exemple d'utilisation des RCSF en agriculture : – Le projet GoodFood –

▶ Valorisation des données :

- Gestion de l'irrigation
- Indicateurs maladies
- Gestion des phytosanitaires

www.unifi.it/midra/goodfood

▶ Intérêt des RCSF

- Meilleure connaissance du milieu
- Suivi en temps réel
- Génération d'alertes maladie

...a donné naissance à la société Netsens.

Exemple d'utilisation des RCSF en agriculture :

– Agriscope –

- ▶ Contexte :
 - Société privée née en Mars 2008
 - 2 gérants, environ 30(?) stations en service
- ▶ Concept : Systèmes Multi-points, Multi-capteurs, Multi-utilisateurs.
- ▶ Capteurs utilisés :
 - Température et humidité (air, sol, feuille), pluviométrie, vitesse du vent, ensoleillement
 - Nouveau : Mesure de dilatation des ceps, compteur d'insectes, mesure de débit de sève...
- ▶ Données : Somme de températures, degrés jour, amplitude thermique, point de rosée, ETP...
- ▶ Communication : Radiofréquence 868Mhz (6km)
- ▶ Alimentation : 4 piles LR14
- ▶ Cout : 2000 à 3000€ + 10€/mois



Exemple d'utilisation des RCSF en agriculture :

– Agriscope –

- ▶ Valorisation : Accès au données, Analyses et Alertes



<http://www.agriscope.fr/serveuraccess.html>

Exemple d'utilisation des RCSF en agriculture :

– Agriscope –

▶ Intérêt des RCSF :

- Portée des agribases = 6km
- Pas d'abonnement GPRS
- Solution automatique, peu énergivore et économique
- Accès web intégrant des modèles agronomiques simples
- Agribases transportables et sur mesure
- Quasi temps réel.

▶ Limites :

- Agribases non intercommunicantes – utilisation de relais
- Absence de mémoire interne (passerelle peut stocker quelques semaines de données)



Exemple d'utilisation des RCSF en météorologie :

– Association Climatologique de l'Herault –

- ▶ **Contexte** :
 - Bureau de collecte de données météos
 - 20aine de Stations (cf. diapo suivante)
 - 4 personnes
- ▶ **Capteurs** : Température, humidité, humectation, pluviométrie, vent, rayonnement.
- ▶ **Communication** : RTC (filaire)
Evolution en GSM
- ▶ **Alimentation** : panneau solaire + batterie 5V.

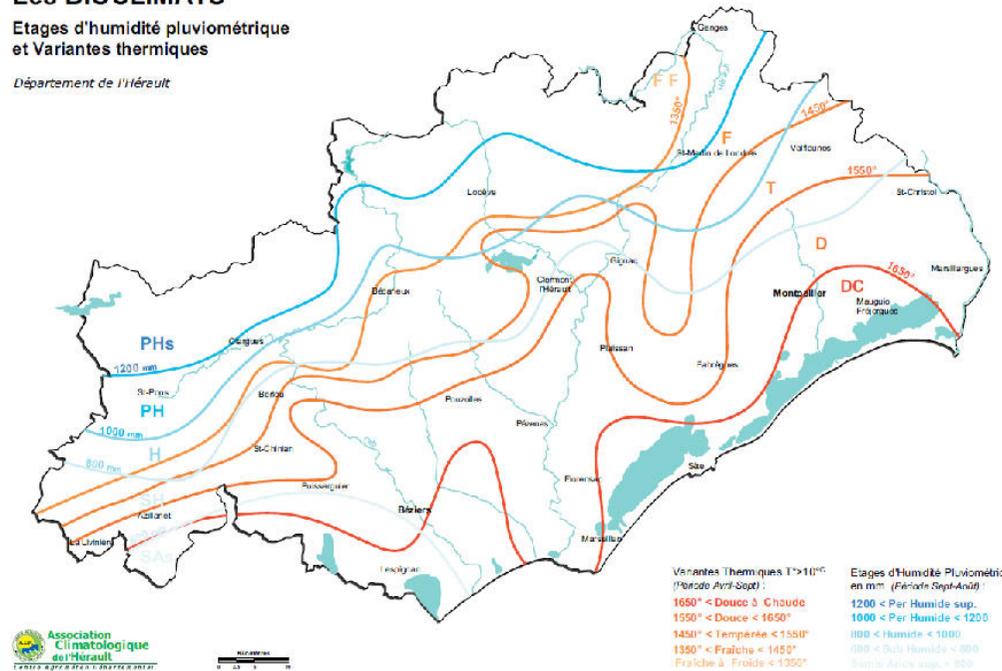


Pluie et T°C journalière

Les BIOCLIMATS

Etages d'humidité pluviométrique
et Variantes thermiques

Département de l'Hérault

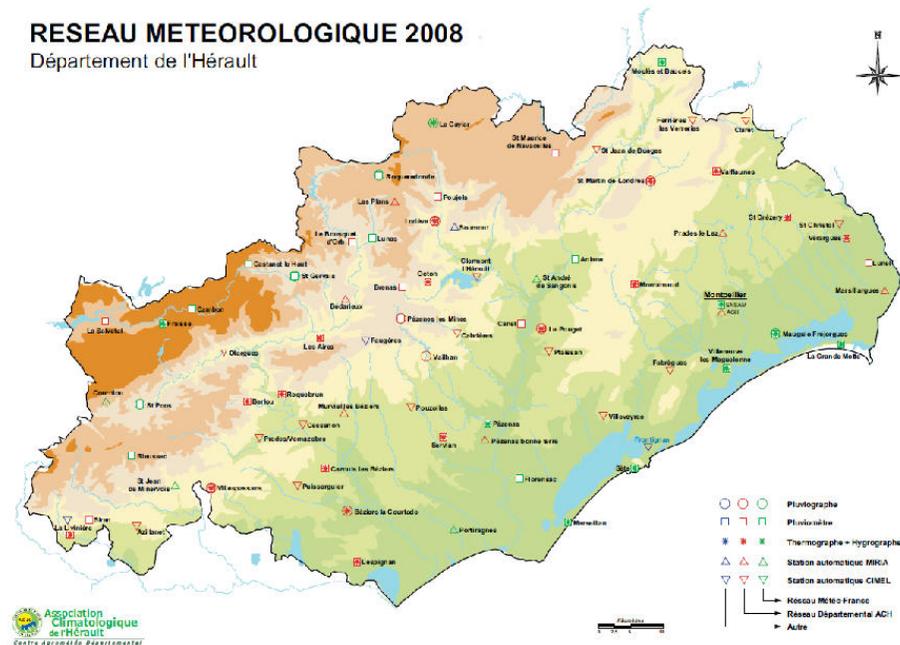


Travail en collaboration avec l'INRA sur les différentes zones mésoclimatiques.

Disposition du réseau de capteurs sur le territoire de l'Hérault.

RESEAU METEOROLOGIQUE 2008

Département de l'Hérault



Exemple d'utilisation des RCSF en météorologie :

– Association Climatologique de l'Herault –



- ▶ **Durée de vie :**
 - 10 à 15ans (Environ 4 entretiens par an)
- ▶ **Données :** Tmin, Tmax, Cumul des pluies, Indice de fraîcheur des nuits (Frais = phénologique) + Bruts (toute les 15 minutes)
- ▶ **Valorisation :** Recherche (ex:Disp'Eau) et Viticulture (Bilan Millésime)
 - [Cf. publication mensuelle \(11 Nov.pdf\)](#)



Pluie, T°C et hygrométrie horaire

Exemple d'utilisation des RCSF en météorologie :

– Association Climatologique de l'Herault –

- ▶ Exemple de valorisation : Conseil régional
 - Ensemble de bilans (T°, hydriques etc.) disponibles sur le site de l'observatoire viticole (http://www.obs-viti-cg34.com/viti/consulter_doc2.jsp?id_theme=0101040101&ordre=01020101)
 - Ex : Bilan climatique novembre 2009.pdf
- ▶ Intérêt des RCSF:
 - Possibilité de disposition des stations sur un large territoire (indépendance du filaire).
 - Environ 10% moins cher que le RTC
 - Souvent, + de problèmes en RTC (poteaux tombent, câbles cassent,...)

Exemple d'application environnementale:

– Syndicat Mixte du Bassin Versant du Lez (SMBVL)–

▶ Contexte et enjeux globaux

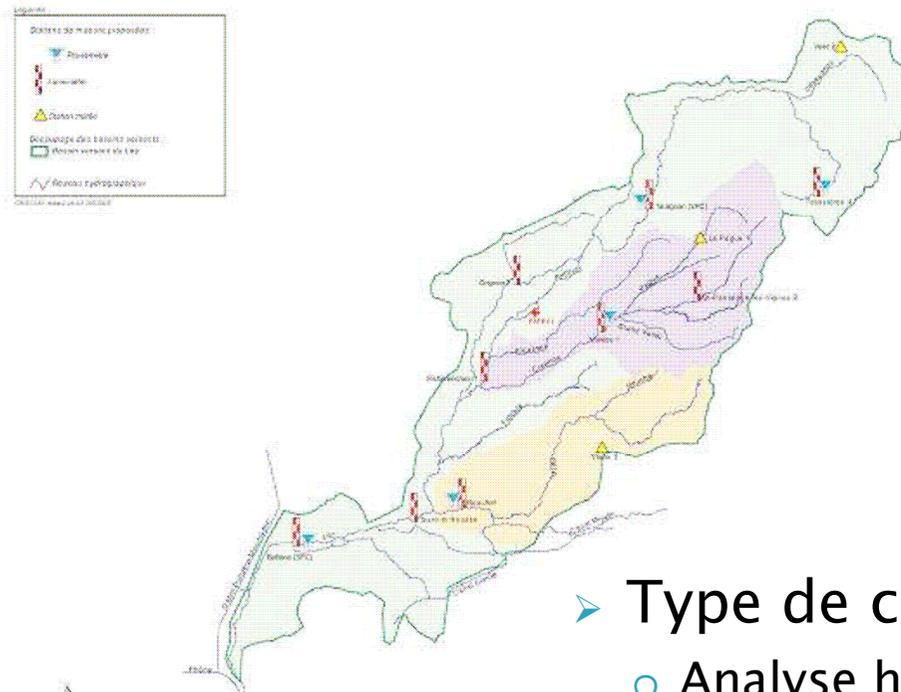
- crues de 1993 et 2003
- 2002 : Mise en place d'un Service d'Annonce de Crues (SPC)
- le Lez = cours d'eau non « réglementaire » → gestion par le SMBVL

▶ Intérêt des RCSF

- obtention rapide et automatique des données
- suivi permanent
- système peu énergivore et économique
- accès Web
- capteurs transportables
- système fiable et sécurisé
- système évolutif



Exemple d'application environnementale: SMBVL



Station de mesure de Teyssière

- **Type de capteurs utilisés et protocoles**
 - Analyse hydrologique à conduit à la localisation
 - 12 sites de télémessure
 - 9 limnimètres radar hyperfréquences
 - 8 pluviomètres
 - 3 sondes d'humidité du sol
- Diffusion des données par radio fréquence
- Alimentation par panneaux solaires

	Goodfood	Agriscope	ACH	SMBVL
Communication	IEEE + GPRS	RF 868MHz	RTC + GSM	RF
Fréquence	15min	15min	Sur demande	15 minutes
Mémoire	Absent	Absent	2-3 semaines	(Absent?)
Portée	50m	6km	-	-
Alimentation Autonomie	Batterie (+ Solaire) 1 an et demi	Plie LR15 1 an	Solaire (+Batterie 15V) 10 à 15 ans	Solaire
Cout de communication	faible	zéro	30€/mois	-
Cout de la station	Don	2000 à 3000€	6000€	-
Valorisation	Recherche agronomique	Agricole	Climatologie	Gestion des crues

Conclusion et perspectives

- ▶ Technologie récente.
- ▶ Un RCSF permet de récupérer des données issues de capteurs à distance automatiquement.
- ▶ Développement de capteurs plus complexes en parallèle.
- ▶ Travaux de miniaturisation, allongement durée de vie des batteries.
- ▶ Amélioration des protocoles et optimisation des consommations d'énergie.
- ▶ Outils d'avenir dans un grand nombre de domaines d'application dont celui de l'agriculture et l'environnement.



Merci de votre attention



Bibliographie

- ▶ Article « Réseau de capteurs dans fil » du site Wikipedia .
http://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9seau_de_capteurs_sans_fil
- ▶ Nouvelles du Giti « Réseaux de capteurs sans fil » - Karl BAUMGARTNER - IBCOM, 12/05-01/06.
- ▶ Article “Réseau de capteurs sans-fil” du site Techno-Science.net
<http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=11711>
- ▶ Site d’Aurélie BUNEL, Ecole Ingénieurs 2000 « Les réseaux de capteurs sans fil »
<http://www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2006/Bunel/>
- ▶ Support de présentation soutenance de stage « Architecture logicielle pour *capteurs sans-fil* en *réseau*. » – Séverine SENTILLES- 21 juin 2006.
http://liuppa.univ-pau.fr/ALCOOL/DOC/M2R-SENTILLES/PresentationStage_versionFinale.ppt.
- ▶ Site de Goodfood : www.goodfood-project.org/
- ▶ Site de Agriscope : <http://www.agriscope.fr/>
- ▶ Présentation SIMA 2009, Agriscope.
- ▶ Manuel de l’utilisateur, Interface web, Agriscope.
- ▶ Site du Pic Saint Loup : <http://www.loupic.com/-Association-Climatique-de-l-.html>
- ▶ Support de présentation « Changement climatique: analyses et expertises sur le département de l’Hérault » – Frederic LAGET, ACH – Soirée Observatoire Viticole Départemental du 19 mars 2009.
<http://www.obs-viti-cg34.com/viti/repository/actualites/AnalyseChangementclimatique.pdf>
http://www.worldwatercongress2008.org/resource/authors/abs752_article.pdf
- ▶ Suivi agrométéorologique des terroirs viticoles, Coteaux du Languedoc, millésime 2009.
- ▶ Réseau Météorologique 2008, département de l’Hérault (ACH).
- ▶ Les Bioclimats, Etages d’humidité pluviométrique et Variantes thermiques, Département de l’Hérault (ACH).
- ▶ Infoclim 34 : évolution mensuelle novembre 2009 (ACH).
- ▶ Site du Cimel, fournisseur de l’ACH : www.cimel.fr
- ▶ Site du Syndicat mixte du Bassin Versant du Lez : <http://www.le-lez.com/>
- ▶ Rapport « Projet pilote pour l’alerte de crue sur un bassin versant géré par une communauté » – EGIS EAU – 13^{ème} Congrès mondial de l’eau , Montpellier 2008.

Contacts

- ▶ Thomas Milon

- tom_milon@hotmail.com
- thomas.milon@supagro.inra.fr
- 06 12 49 77 40

- ▶ Céline Rodriguez

- rodrigc@supagro.inra.fr
- 06 61 29 99 87

