

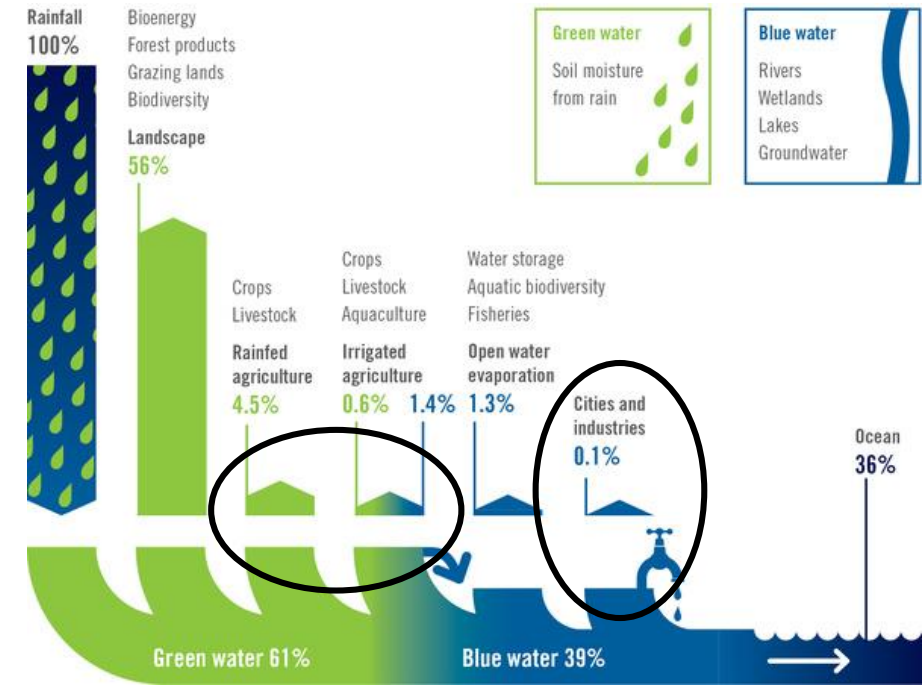
Session 1

Aspects quantitatifs : eau bleue, eau verte, irrigation

Dominique Courault, EMMAH, Avignon
Eric Sauquet, RiverLy, Lyon-Villeurbanne

Terminologie (rappel)

- Distinction eau bleue / eau verte proposée par Falkenberg (1995)
- L'eau **bleue** est celle qui transite rapidement dans les cours d'eau, les lacs, les nappes phréatiques (~ 40% des précipitations) = « précipitations efficaces »
- L'eau **verte**, stockée dans le sol et la biomasse, qui est évaporée ou absorbée et évapotranspirée par les plantes et retourne directement à l'atmosphère (~ 60% des précipitations) = « l'eau qui participe à la production via couplage eau/carbone = ce qui est extrait par les racines et transpirées »
- L'eau **bleue** est transformée en eau **verte** par l'**irrigation** et consommée sur place par les végétaux (biens et services dispensés par les écosystèmes naturels et anthropisés)



Organisation de la session

- **Panorama des recherches réalisées au sein des différentes unités et force en présence**
- **Illustration par trois exposés :**
 - **Isabelle Cousin**, UR Sols Orléans : Projet **RUEdesSOLS** - le Réservoir Utilisable : concepts, évaluation, incertitudes
 - **Claire Serra-Wittling**, UMR G-EAU Montpellier : PRESTI : Plateforme de Recherche et d'Expérimentation en Sciences et Techniques d'**Irrigation**
 - **Fabrice Vinatier**, UMR LISAH Montpellier : **Ecohydrologie** des fossés
- **Éléments de synthèse et fronts de science en débat** (discussion avec la salle)

Contexte



Gestion durable de l'eau pour tous (principalement sur qualité de l'eau et pollution, recyclage et réutilisation sans danger de l'eau)



Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, en veillant à les exploiter de façon durable, gérer durablement les forêts



N° 616

SÉNAT

SESSION ORDINAIRE DE 2015-2016

Enregistré à la Présidence du Sénat le 19 mai 2016

RAPPORT D'INFORMATION

FAIT

au nom de la délégation sénatoriale à la prospective (1)

« Eau : urgence déclarée »,

Par MM. Henri TANDONNET et Jean-Jacques LOZACH,

Sénateurs,

bleue verte irrigation

France & Monde → Actualités

SÉCHERESSE ■ L'inquiétude des agriculteurs grandit face au manque de pluie qui assèche les terres

Les nappes et le moral au plus bas

Face à la récurrence du manque d'eau qui touche actuellement 85 départements français, le cœur des agriculteurs balance entre démolition et volonté de renouveler leurs pratiques.

Du haut au bas

Des vaches, le flanc à même la terre battue. Des ruminants à qui l'on sert des branches d'arbres, sur lesquelles elles picorent quelques feuilles, de quoi combler le creux du ventre. Et des terres devenues si creuses, qu'elles se lézardent, empêchant les cultures de pousser. Ces tableaux, aussi déolants soient-ils, que décrit Sarah Mambly, animatrice du Mouvement de défense des exploitants familiaux français (Mouvement de défense des exploitants familiaux français), sont une réalité pour de nombreux agriculteurs impactés par la sécheresse. L'image parle d'elle-même. Sur la carte de France éditée par le site gouvernemental Proplia, les tâches colorées sont autant de départements à être concernés, à différents degrés, par des restrictions d'eau. L'année 2015 a été marquée par la sécheresse. « Avant, le Massif Central, c'était ce qu'on appelle le "Château d'eau" de la France, mais aujourd'hui, ce n'est plus trop le cas. Ça devient problématique », Jean-Marie Colson, ex vice-président des JA (Jeunes agriculteurs) Nouvelle-Aquitaine. Comme son père avant lui, il n'avait « jamais vu ça ».

« On ne peut pas dire que ça va s'améliorer »

L'enthousiasme depuis deux ans d'être très chauds et secs suivi d'un automne et d'un hiver doux et sans pluie a mal les nappes phréatiques. Au 1^{er} septembre, les nappes étaient 10% inférieures à ceux de l'année précédente à cette même époque, précise le Bureau de recherches géologiques et minières. Et bien qu'un épisode d'averse soit attendu à la fin de la semaine, selon Brigitte Cuperl, de La Chèvre météo, « la pluie, en ne- »

Carte des arrêtés de restrictions d'eau en France

Arrêtés publiés le 15/09/2015 à minuit

Vigilance Alerte Alerte renforcée Crise

bleue

L'ÉDITORIAL

FLORENCE CHÉDOTAL

Danse de la pluie

Bientôt un mois que les Parisiens lèvent les yeux au ciel sans qu'une seule goutte d'eau leur tombe sur le nez. Les dieux restent impossibles aux diables de la pluie. On nage déjà, en plein jour, dans un scénario de science-fiction avec des camions-citernes, des champs potés, des arbres desséchés, des cours d'eau au plus bas, des étangs à sec... Le « stress hydrique » aggrave du terrain en France et, parce qu'il n'y a pas de miracle, nous devons nous adapter à la multiplication et à l'allongement de ces épisodes météorologiques extrêmes. Dans la partie des barrages refait surface. L'eau, l'accès à l'eau, vont devenir un enjeu majeur, sur fond de réchauffement climatique. Pas seulement pour les régions et devenues, déjà fragiles et frappés à nouveau. Ce déficit chronique impacte nos industries, ouvre des plaies sur les façades des maisons... Peut-on encore parler d'une gestion de crise, quand celle-ci est devenue à l'état de fait ?

Or, rien ne dépasse aux dimensions géologiques, nos capacités de résilience ne sont pas infinies. On y est, au pied du mur.

Source: Ministère de la Transition écologique et solidaire

par Déchir Guillaume, le ministre de l'Énergie, du Développement durable et de l'Énergie

DOSSIER DE PRESSE

bleue verte irrigation

ASSISES DE L'EAU

Un nouveau pacte pour faire face au changement climatique.

Contexte décliné en éléments de structuration pour les deux établissements

Enjeu Structurant 3 (EA) 4 fronts de sciences (FS) visant à répondre à des objectifs opérationnels (OO)

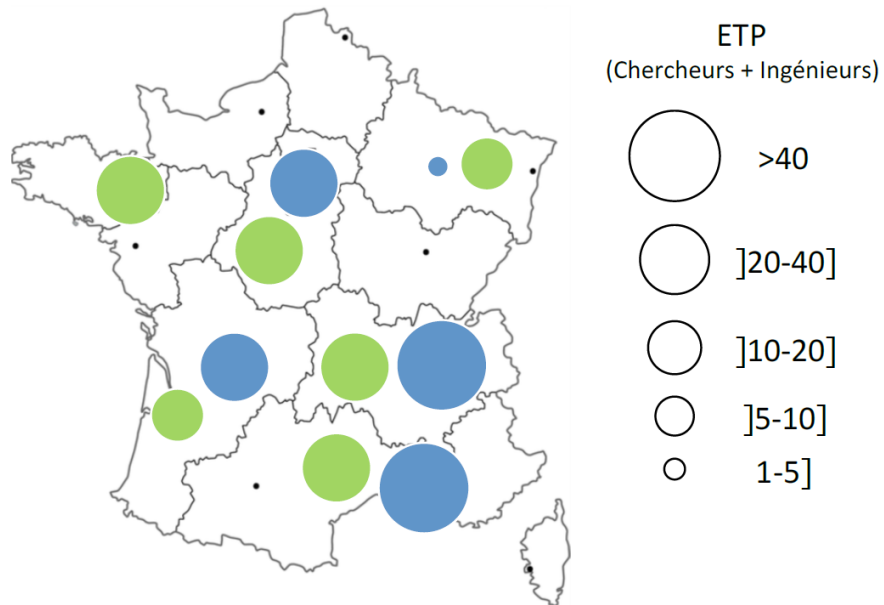
- FS1. Evaluer l'état et l'évolution des ressources (**quantité**, qualité, aptitude /**production agricole**) (OO1)
- FS2. Comprendre et prédire l'évolution des ressources en fonction des changements climatiques et anthropiques (OO1)
- FS3. Etudier et modéliser les interactions et rétroactions biophysiques à l'échelle des **paysages cultivés** (OO2)
- FS4. Etudier et concevoir des processus biologiques et physico-chimiques pour la protection et la remédiation **des sols** et des **eaux** (OO3)

Axes Directeurs du département EAUX

- ADD2 : Compréhension et description des processus du cycle de **l'eau**, flux d'eau, de polluants. Risques naturels et leur évolution dans un contexte de changement global, notamment en condition extrême (ruissellement, érosion, sécheresse)
- ADD3 : Développement d'une gestion adaptative, concertée et intégrée pour i) préserver la ressource en eau en maîtrisant les **usages**, ii) la partager au mieux entre les usages anthropiques et les milieux aquatiques, et iii) faire face aux risques liés à **l'eau** et aux incertitudes qu'engendre le changement global

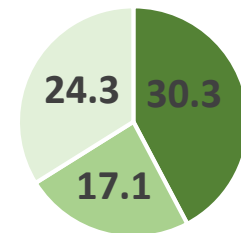


Cartographie des unités de recherche impliquées

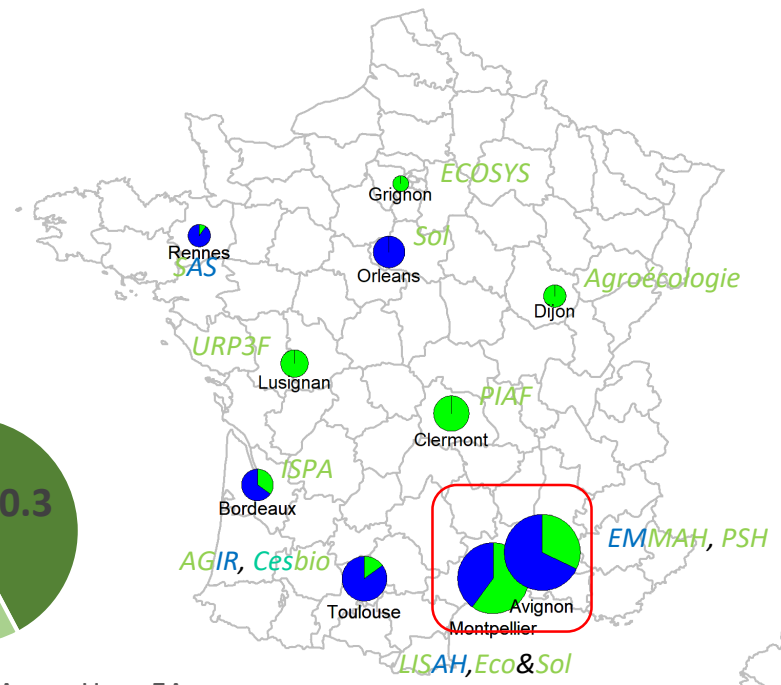


INRA Volet quantitatif

17 unités EA concernées :
 ~ 72 ETP dont 2/3 dans EA et
 1/3 UMR hors INRA
 avec une répartition
 équilibrée « eau
 bleue » versus
 « eau verte »



■ Ch-EA ■ Ing-EA ■ Hors-EA

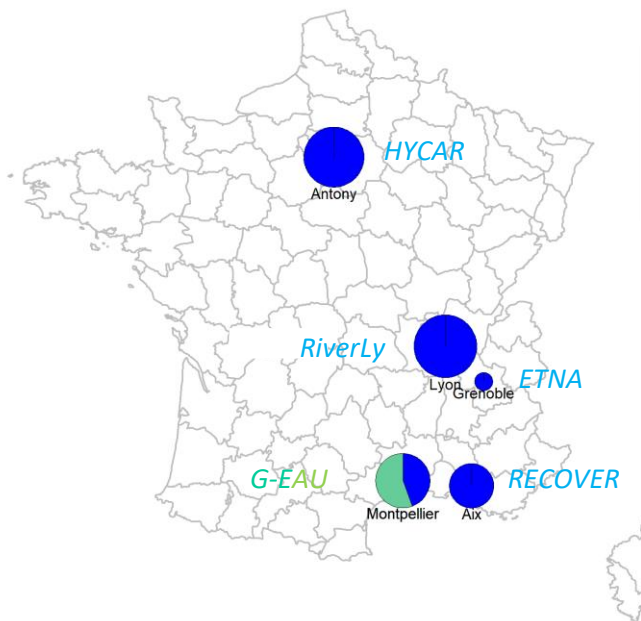


INRA et IRSTEA représentent **16% des ETP sur l'eau**

Thématique « eau-agriculture » scindée en :

- quatre départements (EA, EFPA, SAE2, SAD) à l'INRA
- deux départements (Eaux, Territoires) à Irstea

Sources : « Enquête réseau Eau INRA » (Voltz *et al.*, 2012) ; <http://www.carteau-rdi.fr> citée dans le rapport du groupe de travail INRA-IRSTEA, nov. 2017 ; DDD Eaux (2018))



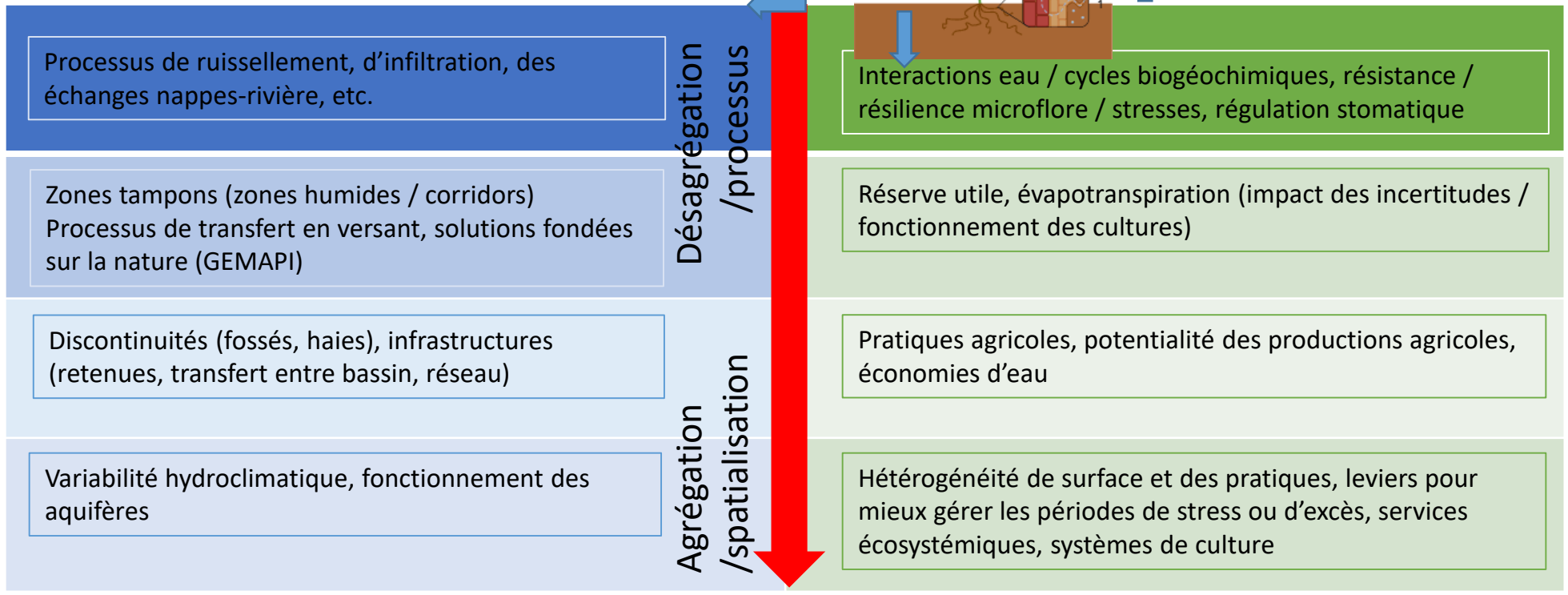
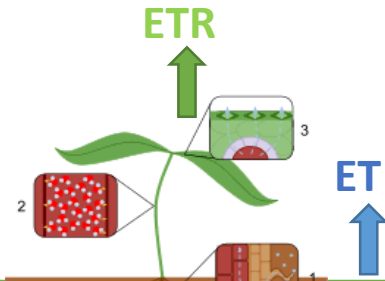
Volet quantitatif

5 unités EAUX concernées par « eau bleue, eau verte, irrigation » :
 ~ 39 ETP, pour majorité « eau bleue »

Déclinaison des enjeux au sein des unités

Modéliser et/ou gérer des volumes ou flux d'eau

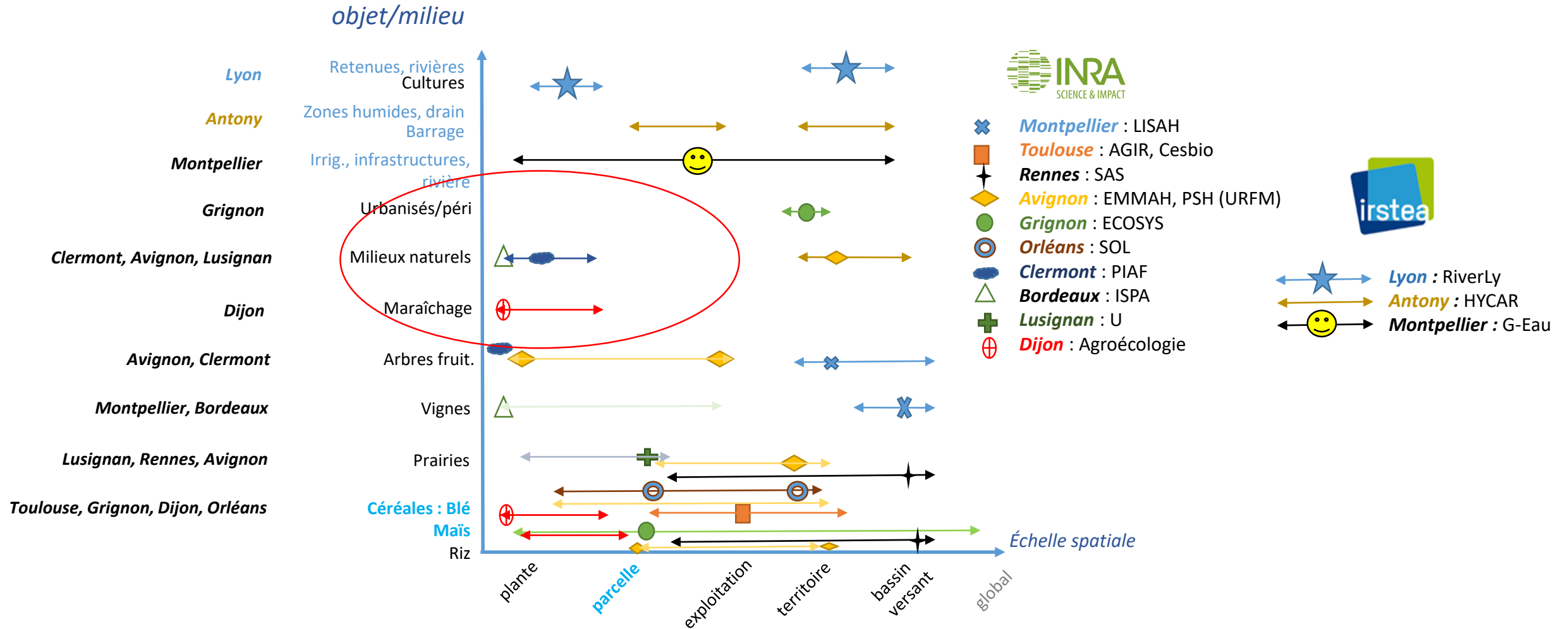
Interactions eau sol/plante/air/N, C, polluants



Hydrosystème

Comprendre, analyser, modéliser le cycle de l'eau dans sa composante naturelle et anthropique
Elaborer des outils de diagnostic pour prévenir / réduire les risques (crue et sécheresse)
Evaluer l'impact de / préparer et accompagner au / changement de pratique ou changement global ou de scénarios

Quels sont les milieux, les échelles spatiales et temporelles étudiés ?

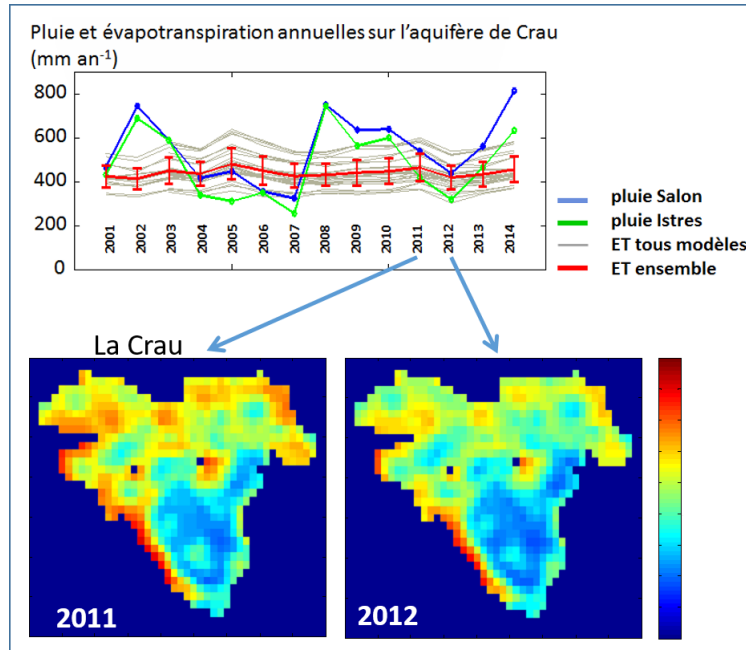


- Multi-échelle et multi-temporel pour une majorité des unités, quasi tous les systèmes étudiés → peu sur maraîchage, péri-urbain et milieux naturels, zones collinaires, couverts hétérogènes...
- Suivis à partir d'observatoires ou zones ateliers régionaux (ORE, SOERE, ZA, sites ICOS)

Quelques illustrations de projets / eau verte Focus sur l'estimation de l'évapotranspiration (ET)

→ Cartographie de l'ET avec son incertitude à partir des mesures de télédétection

(optique et thermique : MODIS (tous les jours, 1 km), Landsat (16 jours / 60 m) (projets financés par le CNES, l'ESA)



Olioso et al. 2016

Couplage eau verte- eau bleue

Obj : améliorer l'estimation de la recharge dans des modèles hydro(géo)logiques

$$ET_{RS} = k_C \cdot ET_0$$

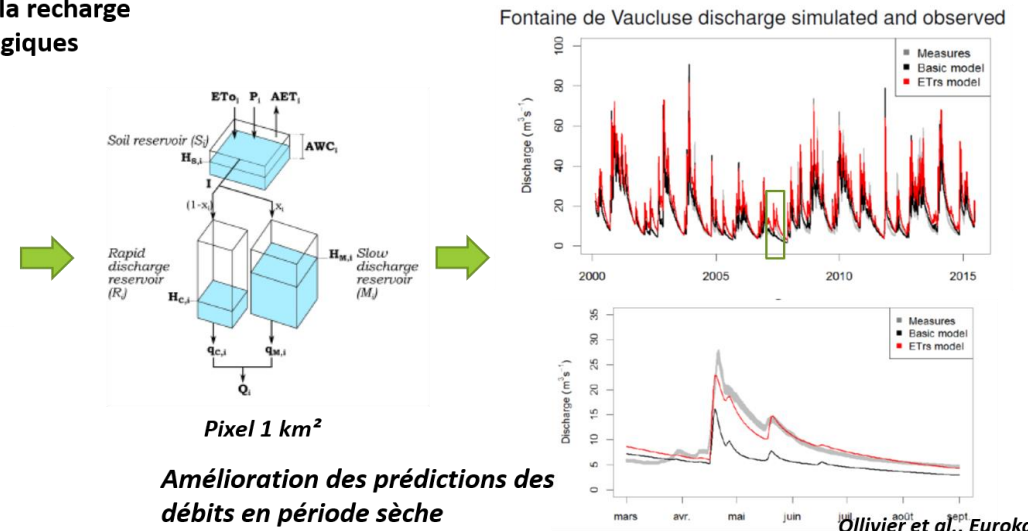
$$k_C = \underbrace{f_{cover} \cdot k_S \cdot k_{Cmax}}_{\text{Transpiration}} + \underbrace{(1 - f_{cover}) \cdot k_{ini}}_{\text{Soil evaporation}}$$

EVI → f_{cover}
AWC → k_S
freq(P) → k_{ini}

from 0.9 to 1

EVI : Enhanced Vegetation Index (MODIS)
AWC : Réserve Utile (réseau de neurones)
freq(P) : index des pluies antérieures [0-1]

Validation (NN, ETR)



Thèse de C Ollivier, 2018

EMMAH

Développement de l'outil pré-opérationnel **EVASPA (CES ET pôle THEIA)**

Évaluation des apports de la future mission thermique franco-indienne THRISNA (3 jours / 60 m)

Reste des questions sur l'estimation de l'ET en zone de relief et sur couverts hétérogènes + dispositifs de validation

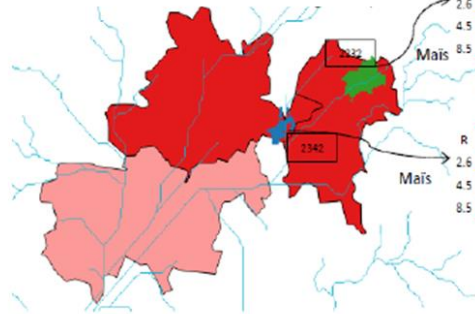
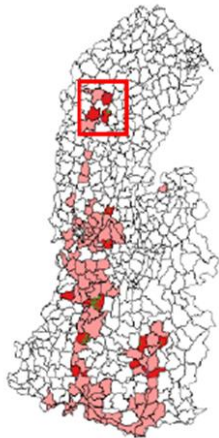
Eau bleue et la problématique « agriculture »

- Les questions de recherche sur l'eau **bleue** en lien avec la gestion durable des ressources (dont l'eau) sont portées principalement par les hydrologues (de surface ou souterrain)

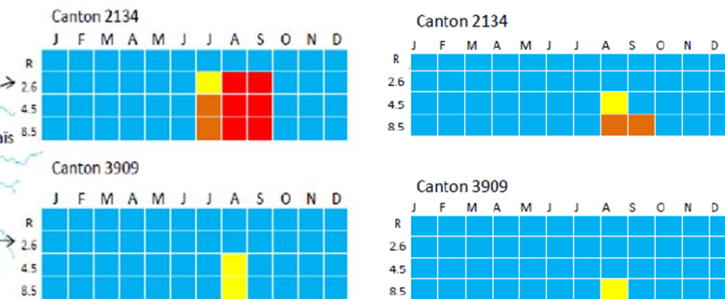
Quelques illustrations / eau bleue

- Couplage d'un modèle hydrologique distribué avec des représentations des usages de l'eau (irrigation, alimentation en eau potable, transfert/stockage pour l'hydro-électricité) (RiverLy-G-EAU, MDR) et avec un modèle de prise de décision d'acteurs basé sur la théorie de l'action située (RiverLy-G-EAU, Radhy-Buëch)
- Examen de la sensibilité de la pression anthropique sur la ressource en eau à des changements prescrits, de l'impact de mesures d'économie d'eau, et de tester plusieurs stratégies d'adaptation

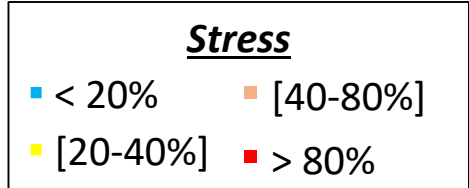
Sous-bassin Saône



Business as usual Goutte-à-goutte



Pression sur la ressource sur les cours d'eau impactés par les prélèvements agricoles, selon différents RCPs (R : Référence temps-présent 1970-2005 ; 2.6, 4.5 et 8.5 : les RCPs pour 2030-2100)



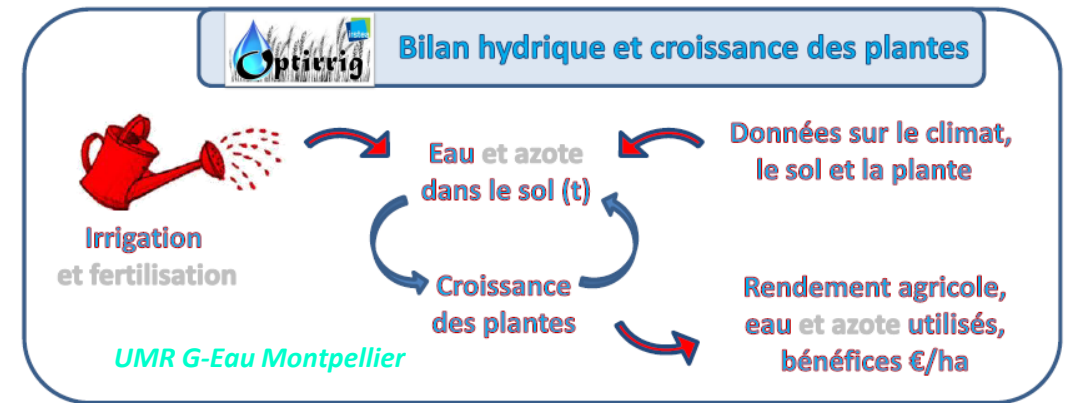
Branger et al., 2016
RiverLy Lyon
UMR G-Eau Montpellier



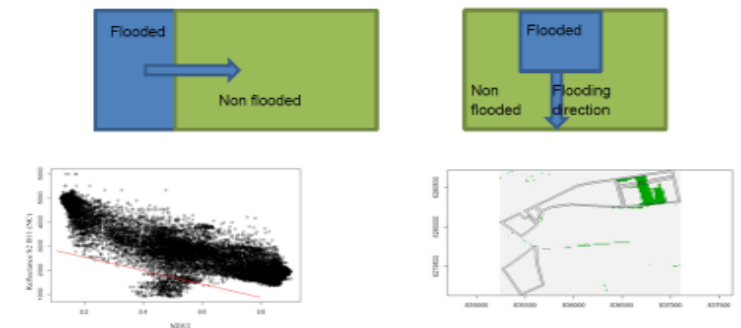
Des outils d'aide à la décision perfectibles (prélèvements agricoles fondés sur le besoin théorique des plantes par type de culture, la nature des sols, des rendements techniques)

Quelques illustrations / irrigation

- Mise en commun des expérimentations conduites à travers la France (résultats d'expérimentations et de suivis de pratiques d'agriculteurs) pour « objectiver » - notamment grâce au modèle Optirrig - les économies d'eau atteignables grâce au changement des techniques d'irrigation et au pilotage de l'irrigation (jusqu'à des économies > 30%)
- Recherches sur les technologies d'irrigation (des canaux aux matériels d'irrigation à la parcelle, la modélisation de leur fonctionnement en mécanique des fluides, et/ou des pratiques d'irrigation et de leur modélisation (support au développement du modèle Optirrig) de la parcelle au territoire)
- Emergence des questions scientifiques sur la valorisation des eaux de mauvaise qualité (Reuse) et sur les nouvelles pratiques d'agriculture (agroécologie, agriculture de conservation ou agriculture urbaine)
- Connaissance des surfaces irriguées et volumes dédiés à l'irrigation (selon les pratiques). Apport de la télédétection pour détecter les parcelles irriguées en gravitaire et le sens de l'écoulement (ex. prairies de Crau, projet JPI-Water Opera)



EMMAH, Avignon



Organisation de la session

- Panorama des recherches réalisées au sein des différentes unités et force en présence
- **Illustration par trois exposés :**
 - **Isabelle Cousin**, UR Sols Orléans : Projet **RUEdesSOLS** - le Réservoir Utilisable : concepts, évaluation, incertitudes
 - **Claire Serra-Wittling**, UMR G-EAU Montpellier : PRESTI : Plateforme de Recherche et d'Expérimentation en Sciences et Techniques d'**Irrigation**
 - **Fabrice Vinatier**, UMR LISAH Montpellier : **Ecohydrologie** des fossés
- **Éléments de synthèse et fronts de science en débat** (discussion avec la salle)

Session 1

Aspects quantitatifs : eau bleue, eau verte, irrigation

Éléments de synthèse et fronts de science en débat

Organisation de la session

- Panorama des recherches réalisées au sein des différentes unités et force en présence
- Illustration par trois exposés :
 - **Isabelle Cousin**, UR Sols Orléans : Projet **RUEdesSOLS** - le Réservoir Utilisable : concepts, évaluation, incertitudes
 - **Claire Serra-Wittling**, UMR G-EAU Montpellier : PRESTI : Plateforme de Recherche et d'Expérimentation en Sciences et Techniques d'**Irrigation**
 - **Fabrice Vinatier**, UMR LISAH Montpellier : **Ecohydrologie** des fossés
- **Éléments de synthèse et fronts de science en débat** (discussion avec la salle)

Éléments de synthèse - Les points forts INRA/IRSTEA

- L'analyse des processus :

Réponse au stress, interaction racine- μ O, lien avec N, C, MOS

Estimation RU et ET à différentes échelles (impact des erreurs)

Focus sur les impacts pratiques agricoles (irrigation, N, pesticides, etc.) sur productions, sol, cycles N, C /services écosystémiques

- Spatialisation / télédétection

Modèles SVAT, méthodes proxi et télédétection (optique-thermique)

- Différentes plateformes de modélisation : TNT2 (territ'eau), OPENFLUID, sol virtuel (3D), simulateur Crau (STICS), EVASPA

- Modélisation de la gestion de l'eau à l'échelle du bassin versant (quantitatif, qualitatif, gouvernance, ressource, risques, aléas, vulnérabilités)

Expertise sur les différents processus régissant le cycle de l'eau (climat, hydrologie) aux différentes échelles spatio-temporelles

Modélisation multi-usages (dont services écosystémiques)

Expérience nationale et grands bassins versants

- Développement information spatiale pour l'hydrologie
- Diversité de modèles (SiSPat, J2000, GR, LOIEAU) répondant à des objectifs différenciés

- Complémentarité Irstea sur bassins de gestion (même si capacité à discrétiser le territoire à maille fine) / Inra sur bassins agricole → utile pour les changements d'échelle
- Représentation multi-usage à Irstea avec des faiblesses sur la composante agriculture / inverse pour l'INRA

Les fronts de science - Volet quantitatif **eau verte** / **eau bleue**

- Mieux prendre en compte les incertitudes sur les paramètres sols et les pratiques (irrigation) et quantifier leur impact sur transferts sol/plante/atmosphère et le fonctionnement des cultures (production)
- Modéliser l'évapotranspiration en zone de relief, sur couverts hétérogènes
- Optimiser l'utilisation de l'eau (meilleure gestion des périodes pénuries (stress, restriction), ou d'excès en eau, des pratiques (usages de sols, assolement) et aménagements, en préservant les milieux et en satisfaisant les autres usages)
- Mieux représenter rétroactions pratiques-climat-production et le couplage nappe-surface dans des contextes de paysages complexes (urbain-péri-urbain-zones naturelles & agricoles)
- Tirer partie des images satellites, de la télédétection et de nouveaux types de données (ex. sciences participatives) dans les représentations biophysiques ou décisionnelles
- Faire évoluer les modèles hydrologiques vers des modèles agro-écologiques applicables aux grands bassins ?
- Autres ?

Plus largement : Quelles ambitions (structuration interne, opportunités H2020, etc.) autour de nouveaux champs (ex. nexus eau-énergie-alimentation) ? d'objets émergents (ex. retenue collinaire, système de drainage, etc.) ? des espaces particuliers (ex. péri-urbain) ?

Session 1

Aspects quantitatifs : eau bleue, eau verte, irrigation

Compléments

Quel apport de la télédétection **eau verte**/**eau bleue** ?

Variables accessibles	Visible-proche infra-rouge (0,4-1,5μm)	Infra-rouge Thermique (3-15μm)	Microondes passives (1mm-1m)	Microondes actives (1mm-1m)	Produits Opérationnels MODIS ou THEIA
Occupation de surface	+++		+	+	OSO
Structure /évolution de la végétation (LAI...)	+++	++	++	+	MOD15 LAI,fCover
Température de surface (ET)		+++		+	MOD11 LST_LC8
Précipitation	+	++	++	++++	TRMM,GPM (3h)
Evapotranspiration	++	+++			MOD16
Surfaces inondées/lacs	++	+++		++	Hydroweb SMOS_Grace
Humidité du sol	+	++	+++	+++	20m/6j



- ✓ Réserve utile
- ✓ Pratiques culturales (irrigation)

?

Approche indirecte (assimilation dans des modèles)



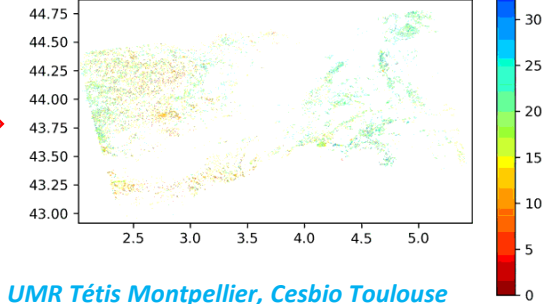
Données et services pour les surfaces continentales



Produits CES humidité de surface



Occitanie S1A (04/09/2016)



UMR Tétis Montpellier, Cesbio Toulouse

Reste à évaluer dans différents contextes