

# PHIS - un système d'information open source dédié aux données de phénotypage haut débit



Vincent Nègre, Anne Tireau

Journées INRAE systèmes d'informations - 29-01-2021

# Qu'est ce que le phénotypage des plantes ?



Caractériser les comportements des espèces végétales dans un environnement donné (climat, sol, pathogènes, ravageurs) pour l'adaptation au CC, sécurité alimentaire, impacts...

**Interactions**

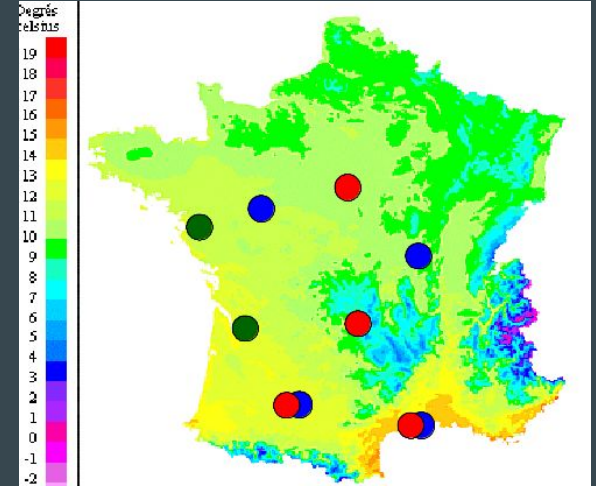
scénarios environnementaux



Observations dynamique de traits sur un large panel de plantes (plusieurs milliers)

- Projet Investissement d'avenir (2012-2024)
- Infrastructure de recherche en phénomique végétale
- 11 noeuds locales, 15 installations (champ, serre, omique)

## Noeuds PHENOME



- omique
- serre
- champ

# Installations expérimentales (exemples)

Phenoarch



Pheno3C



Agrophen, Diaphen



Agrophen

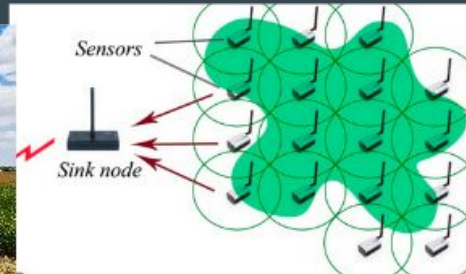
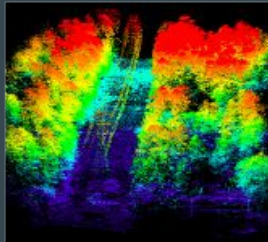
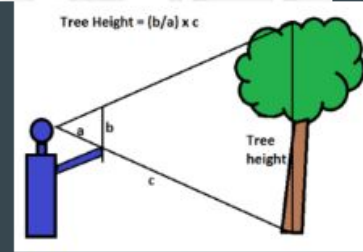
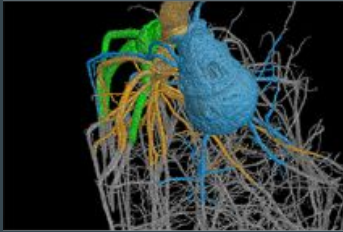


Agrophen, Diaphen



conditions  
contrôlées

conditions semi-contrôlées  
ou au champ



# Données complexes

## Différentes échelles



génom



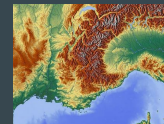
organe



plante



parcelle

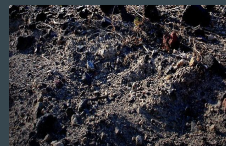


terrain agricole

## Différentes interactions



climatique



sol



pathogènes



compétition

## Contextes variés

laboratoire, serre, champ, exploitation agricole

## Différentes stades, produits transformés



# Enjeux

- Gérer jeux de données volumineux (capacité 1 Po) et complexes :
  - une expérimentation génère entre 2 et 10 To d'images, 100 To/an
  - expériences coûteuses et difficiles à reproduire (conditions climatiques)
- Transparence et reproductibilité :
  - Nécessite des métadonnées, de la provenance
- Valoriser les données produites :
  - Partager les données;
  - Aide à la décision;
  - Connaissances scientifiques

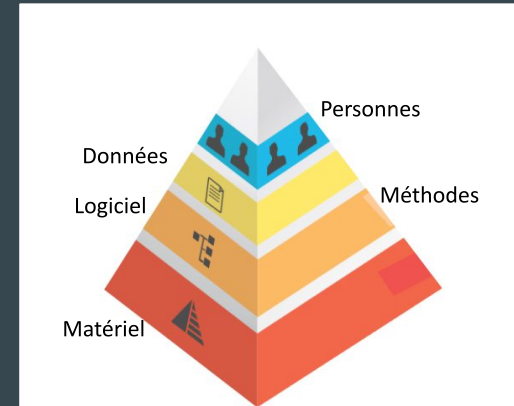
Nécessite un système d'informations permettant de sécuriser, structurer et partager les données

# OpenSILEX (Système d'Information pour l'EXpérimentation)



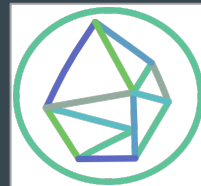
- Suite logicielle pour implémenter des SI
- Open source
- Développé par l'UMR MISTEA
- Système générique pour les sciences du vivant
- Piloté par des ontologies (Web Sémantique)

site vitrine : <http://www.opensilex.org/>  
version demo: <http://www.opensilex.org/opensilex/web/>  
github: <https://github.com/OpenSILEX>





# OpenSILEX - modules



**OBJECT IDENTIFICATION**



**EVENTS AND ANNOTATIONS**



**OBJECT TRACKING**



**DATA INTEGRATION**



**ADVANCED DATA QUERYING**



**GRAPHIC VISUALISATION**



**ANALYSIS AND  
WORKFLOWS**



**HYBRID STORAGE SYSTEM**



**WEB SERVICE API**



**WEB USER INTERFACE**



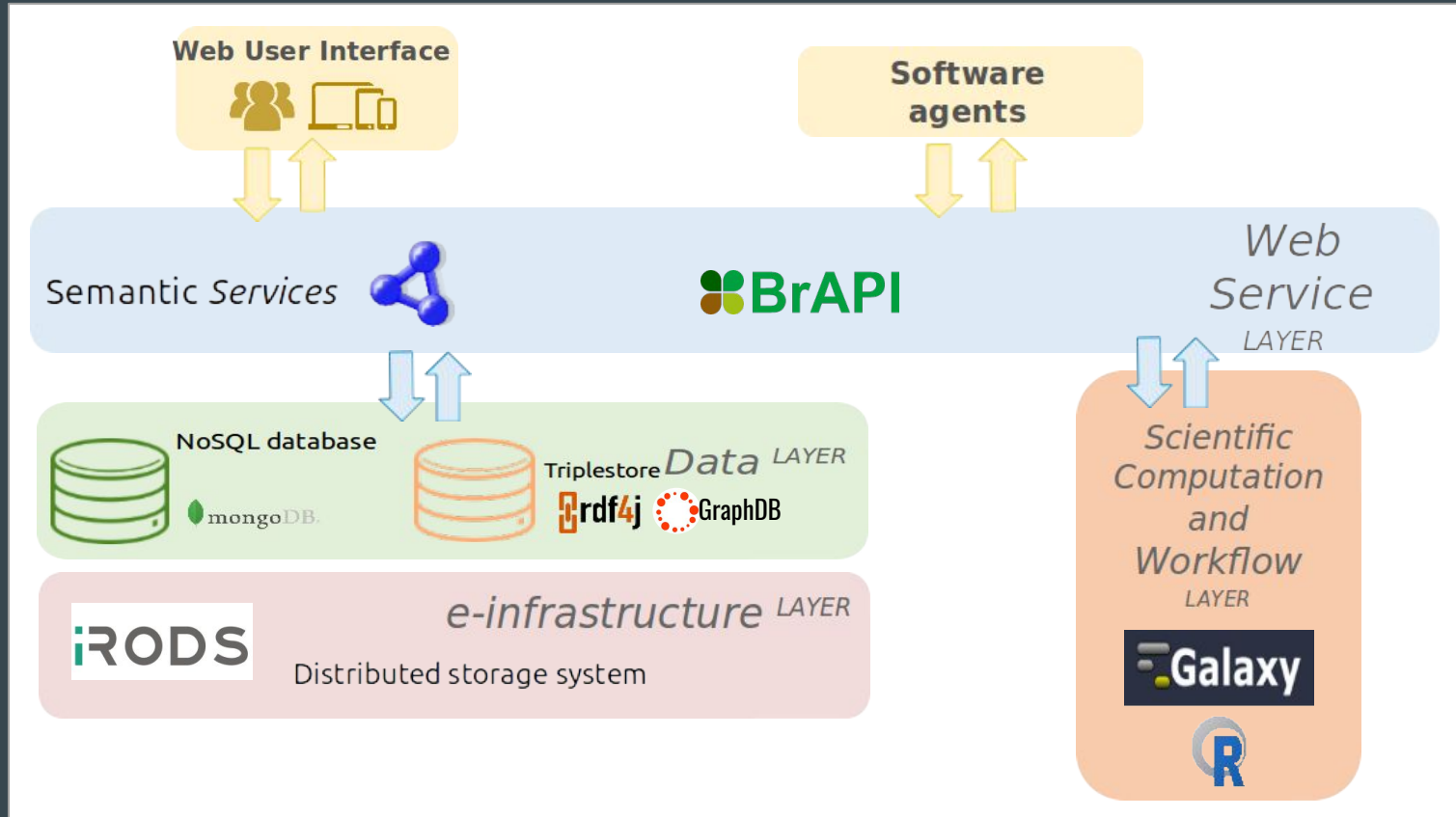
**ONTOLOGIES**



**OPEN SOURCE**

PHIS est une implémentation de OpenSILEX  
dédiée au Phénotypage des plantes

# PHIS (Phenotyping Hybrid Information System) - Architecture



# PHIS - Concepts



**Objets scientifiques formalisés** (organe, plante, parcelle, ...)

**Événements** (irriguer, semer, calibrer des capteurs, attaque de nuisibles, grêle, ...)

**Variables, Documents, Observations** sont associés avec ces objets et événements

Chaque élément est identifié par une **URI**

Liens entre objets/événements -> une **sémantique contrôlée (ensemble d'ontologies)**

# PHIS - URIs



- URIs (Uniform Resource Identifiers) permettent d'identifier de manière non ambiguë les objets scientifiques

**Prefix m3p:** `<http://phenome-fppn.fr/m3p>`

**URI of plant**

`<m3p:arch/2017/c17000118>`

**URI of pot:**

`<m3p:arch/2013/pc13001542>`

**URI of cart:**

`<m3p:arch/2013/ct1300123>`

**URI of cabin:**

`<m3p:arch/2018/ac180015>`

**URI of camera:**

`<m3p:arch/2018/ac180019>`



**URI of image:**

`<m3p:arch/2017/ic17002295855>`

(a)

**Prefix diaphen:** `<http://phenome-fppn.fr/diaphen>`

**URI of plot**

`<diaphen:2017/o1700029>`

**URI of plant:**

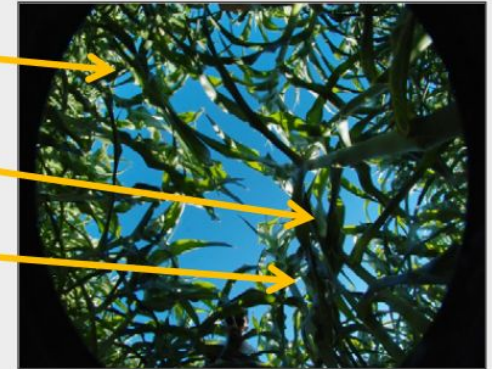
`<diaphen:2017/17000147>`

**URI of leaf:**

`<diaphen:2017/117000590>`

**URI of camera:**

`<diaphen:2018/ac180002>`



**URI of image:**

`<diaphen:2017/ic14001480237>`

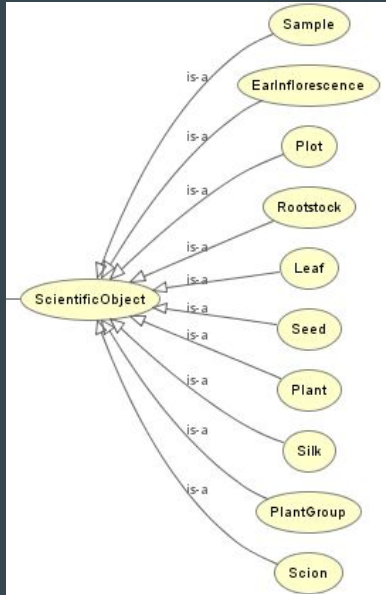
(b)



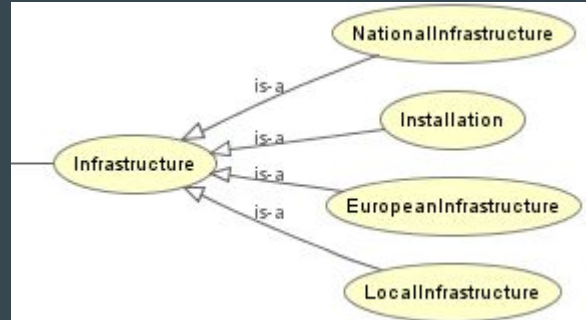
- **OEPO (Ontology for Experimental Phenotypic Objects)**
  - décrit les objets impliqués dans une expérimentation (capteurs, plantes, contexte expérimental) et définit une hiérarchie entre ces concepts.
- **OEEV (Ontology of Experimental Events)**
  - Caractériser les évènements qui appliqués aux objets scientifiques (ex. dates de semis, application d'un traitement, récolte, ...), un dysfonctionnement, une opération de maintenance
- **Ontologies de références :**
  - **AO, TIME, FOAF, DC** : ontologies générales
  - **Plant Ontology** : description des plantes (anatomie, morphologie, stades de développement)
  - **Crop Ontology** : description plantes + traits et méthodes
  - **Unit ontology** (unités) + **PATO** (Phenotype and Trait Ontology)

# PHIS - Ontologies

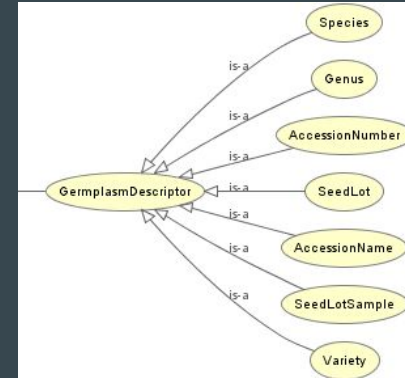
## OEPO (Ontology for Experimental Phenotypic Objects)



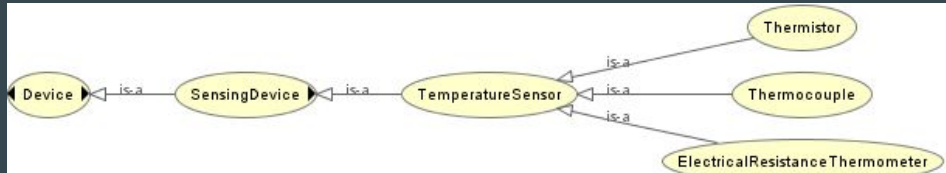
Objets scientifiques



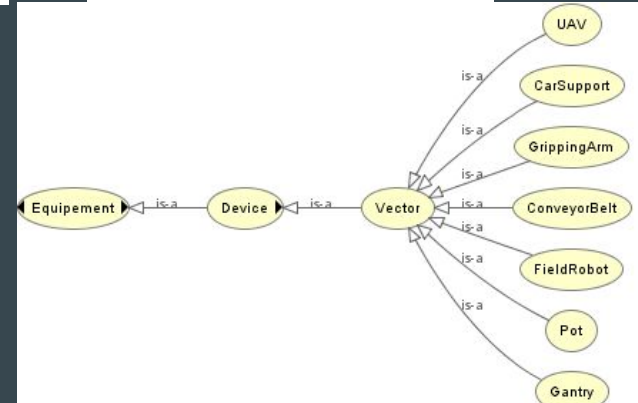
Infrastructure



Matériel végétal



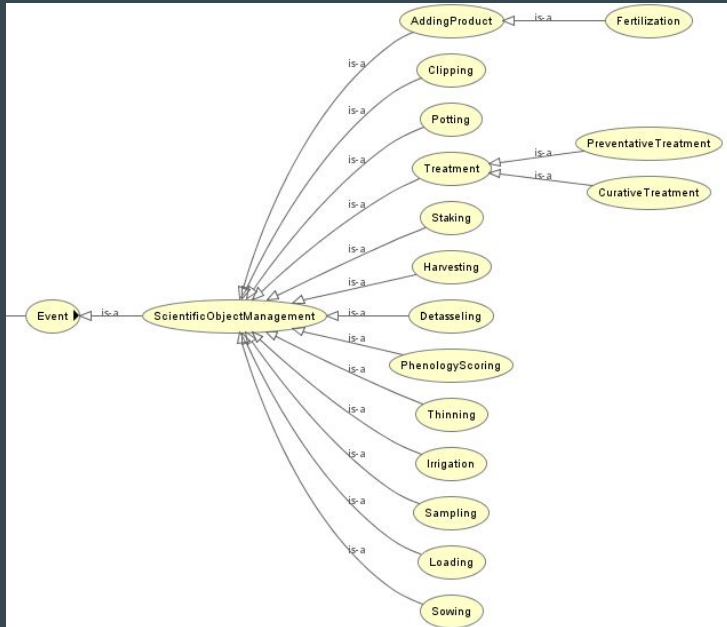
Capteur température (Device)



Vecteur (Device)

# PHIS - Ontologies

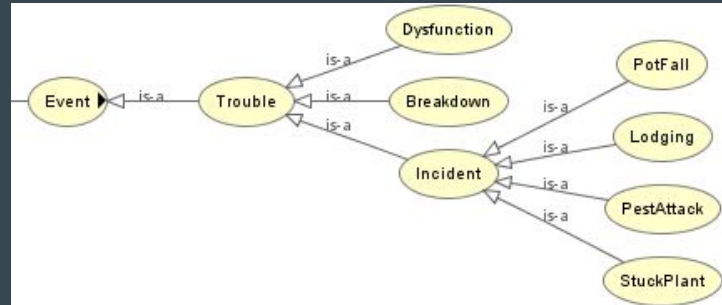
## OEEv (Ontology of Experimental Events (OEEv))



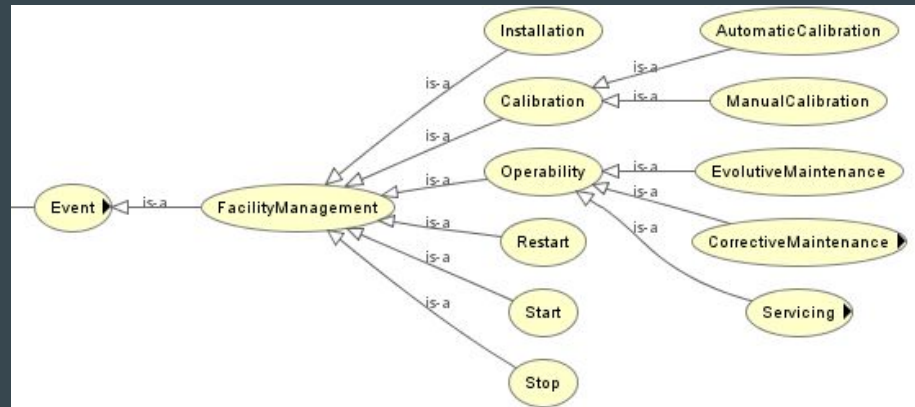
Gestion objets scientifiques



Déplacements

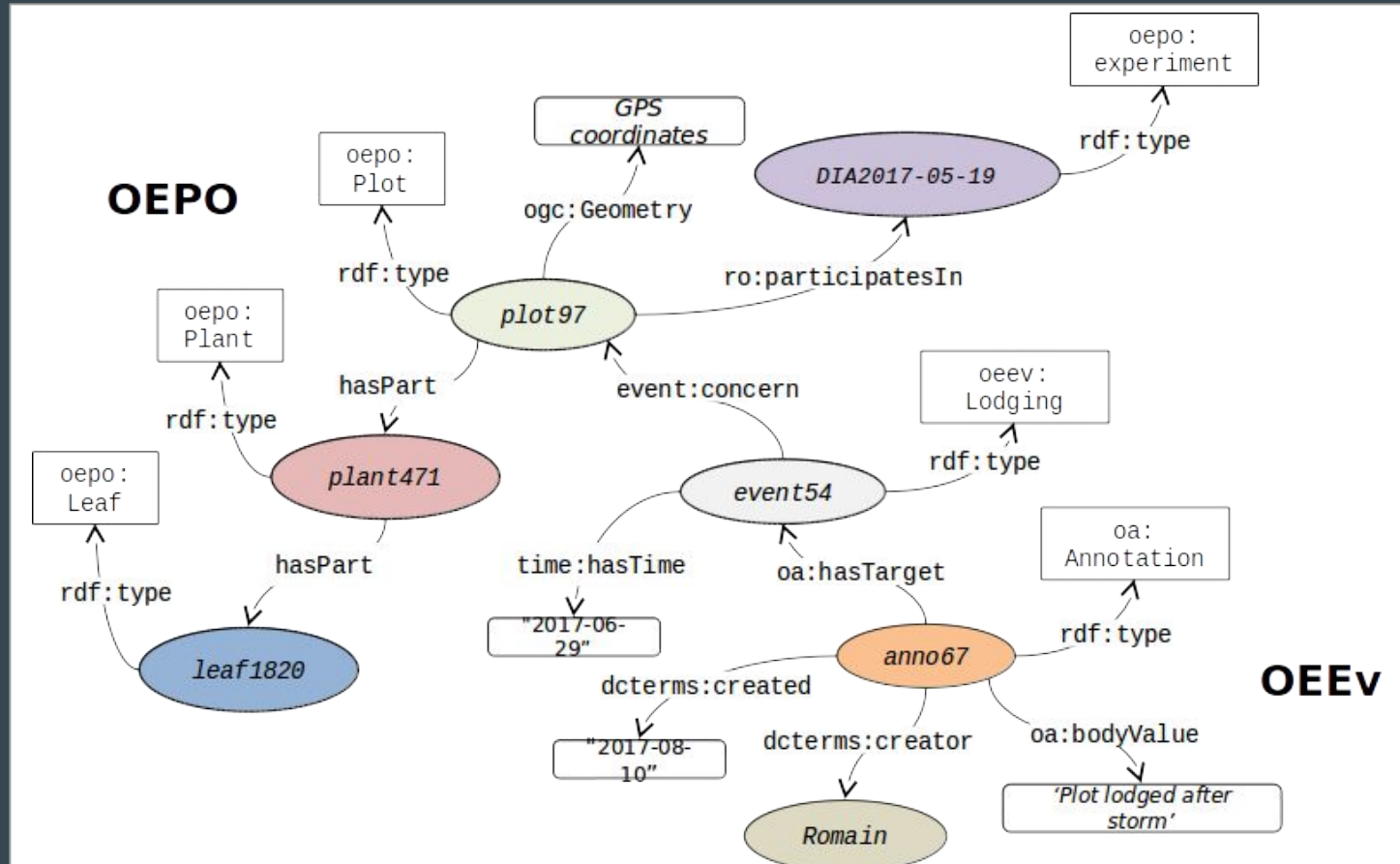


Disfonctionnement



Maintenance

# PHIS - Ontologies



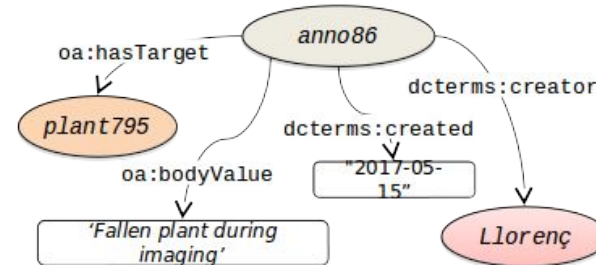
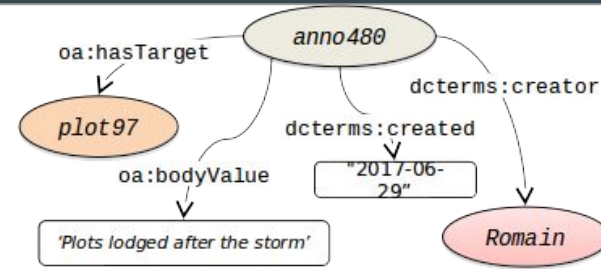


# PHIS - Annotations d'événements

Parcelle



Plante

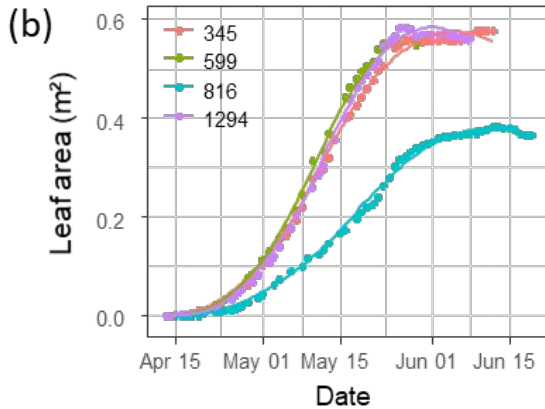


Neveu et al 2018 *New Phytologist*

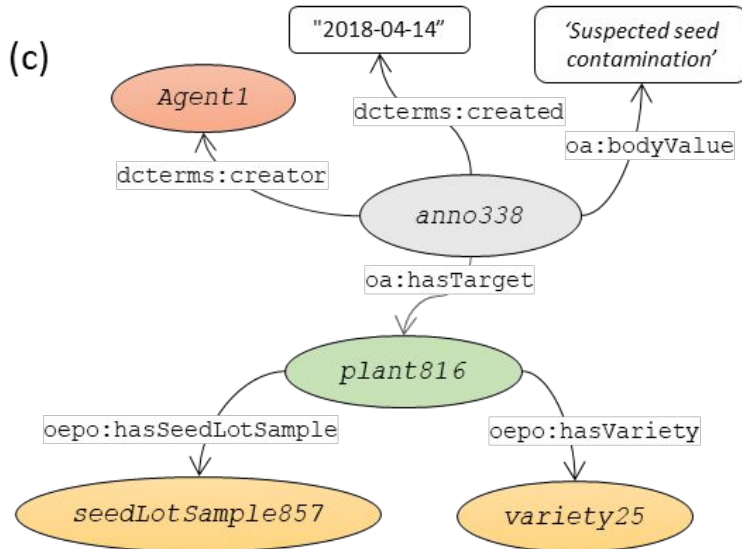
- S'appuie sur le **Web Annotation Data Model** qui permet de formaliser l'annotation (e.g. oa:describing, oa:identifying, oa:linking, oa:replying, ...)
- Propriétés **Dublin Core** (dcterms:created or dcterms:creator, ...)

# PHIS - Provenance, annotation et visualisation

(a) R1-plant345 R2-plant599 R3-plant816 R4-plant1294



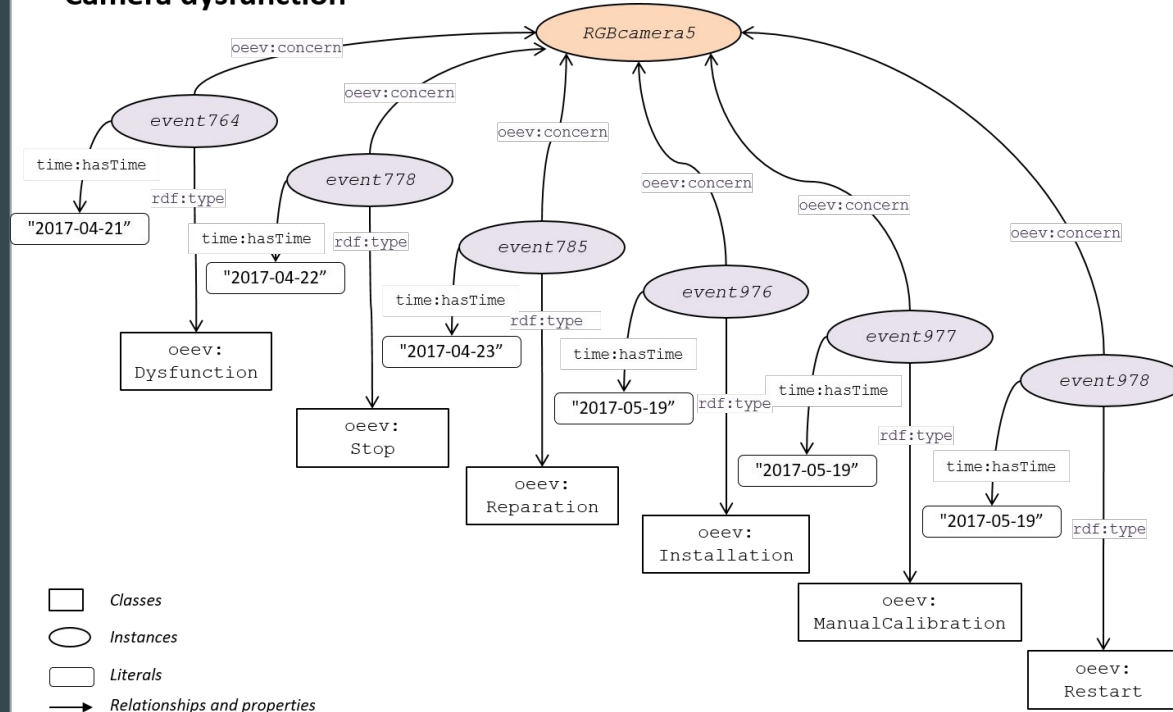
(c)



# PHIS - Dysfonctionnement d'une caméra



## Camera dysfunction



# PHIS - Suivi des objets



- Ex : suivi des conditions climatiques (temp air) ressenties par une plante (241)

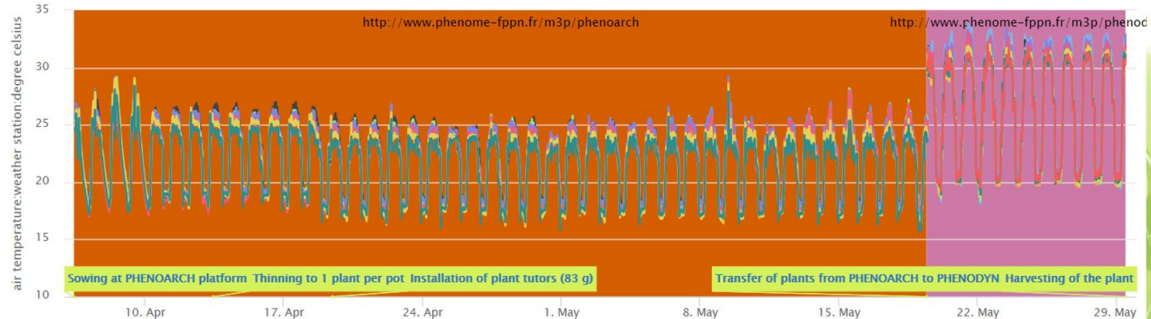
<http://www.phenome-fppn.fr/m3p/arch/2017/c17000241>

Code Variable

air temperature:weather station:degree celsius

Show

Data of air temperature:weather station:degree celsius



Déplacements

(phenoarch => phenodyn)

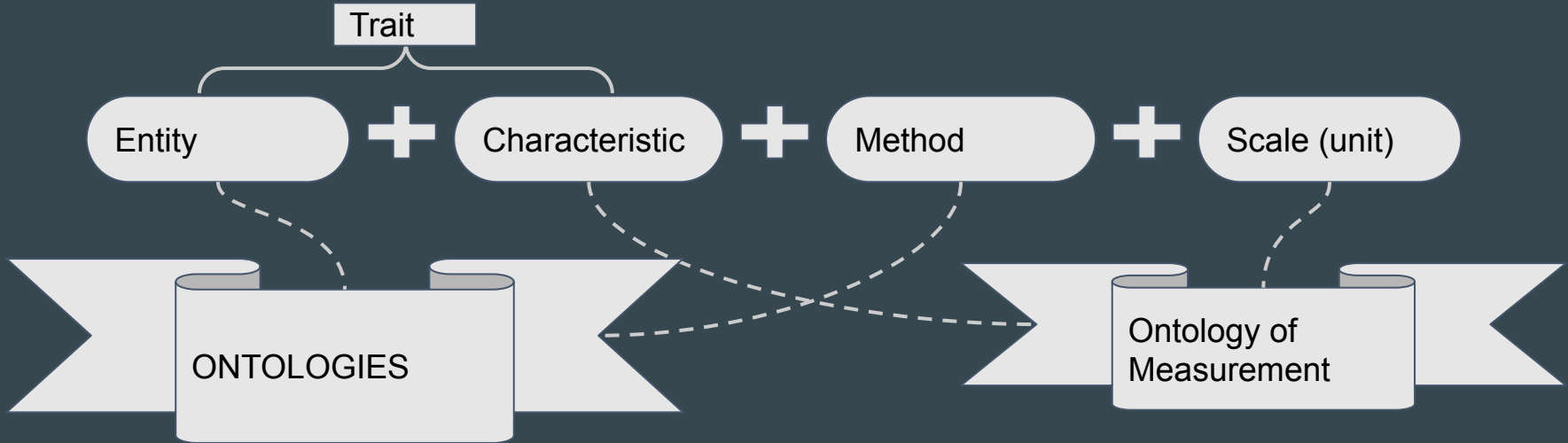
Événements

- <http://www.phenome-fppn.fr/m3p/arch/2011/sa110013>
- <http://www.phenome-fppn.fr/m3p/arch/2011/sa110015>
- <http://www.phenome-fppn.fr/m3p/arch/2011/sa110017>
- <http://www.phenome-fppn.fr/m3p/arch/2013/sa130005>
- <http://www.phenome-fppn.fr/m3p/arch/2016/sa1600032>
- <http://www.phenome-fppn.fr/m3p/dyn/2011/sa110043>
- <http://www.phenome-fppn.fr/m3p/dyn/2011/sa110045>
- <http://www.phenome-fppn.fr/m3p/dyn/2011/sa110047>
- <http://www.phenome-fppn.fr/m3p/dyn/2012/sa120007>
- <http://www.phenome-fppn.fr/m3p/dyn/2012/sa120009>
- <http://www.phenome-fppn.fr/m3p/arch/2011/sa110014>
- <http://www.phenome-fppn.fr/m3p/arch/2011/sa110016>
- <http://www.phenome-fppn.fr/m3p/arch/2011/sa110018>
- <http://www.phenome-fppn.fr/m3p/arch/2013/sa130006>
- <http://www.phenome-fppn.fr/m3p/arch/2016/sa1600033>
- <http://www.phenome-fppn.fr/m3p/dyn/2011/sa110044>
- <http://www.phenome-fppn.fr/m3p/dyn/2011/sa110046>
- <http://www.phenome-fppn.fr/m3p/dyn/2011/sa110048>
- <http://www.phenome-fppn.fr/m3p/dyn/2012/sa120008>
- Events
- Annotation

# PHIS - Variables



- Une variable est définie par Entité + Caractéristique + Méthode + Unité
- Liens vers des termes de référence (quand ils existent)

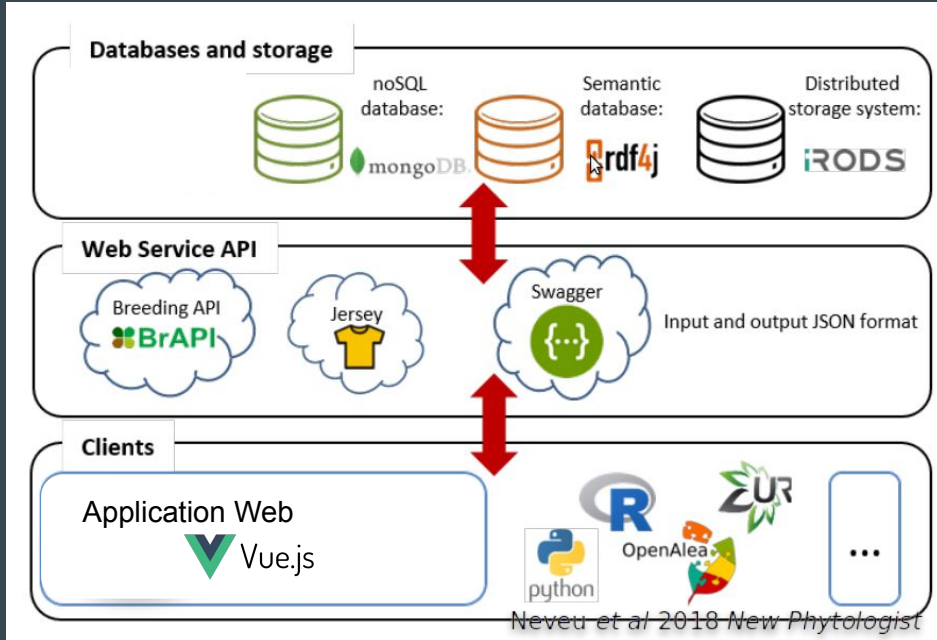


**LeafArea** : feuille (entité), surface (caractéristique), analyse d'image (méthode),  $\text{mm}^2$  (unité)

# PHIS - Technologies



- REST
- Java (framework Jersey, standard JAX-RS (Java API for RESTful Web Services))
- Documentation, interface faites avec Swagger (spécification OpenAPI)



The token also include the response object header. For more information, the Response object definition is available at [Brapi response object](#)

phenotypes	Show/Hide	List Operations	Expand Operations
weighing	Show/Hide	List Operations	Expand Operations
variables	Show/Hide	List Operations	Expand Operations
<b>imagesAnalysis</b>	Show/Hide	List Operations	Expand Operations
GET /imagesAnalysis	Retrieve all phenotypes data from experiment URI and data interval		
POST /imagesAnalysis	Send phenotypic data from images analysis for a plant		
PUT /imagesAnalysis	Replace phenotypic data from images analysis for a plant		
plants	Show/Hide	List Operations	Expand Operations
watering	Show/Hide	List Operations	Expand Operations
documents	Show/Hide	List Operations	Expand Operations
events	Show/Hide	List Operations	Expand Operations
<b>environment</b>	Show/Hide	List Operations	Expand Operations
GET /environment	Retrieve data from object environment		
POST /environment	Send object environment data		
expertAnnotation	Show/Hide	List Operations	Expand Operations
germplasms	Show/Hide	List Operations	Expand Operations
<b>token</b>	Show/Hide	List Operations	Expand Operations
GET /token	Get an access token		
experiments	Show/Hide	List Operations	Expand Operations
projects	Show/Hide	List Operations	Expand Operations

[ BASE URL: /phenomeapi/resources , API VERSION: 1.0 ]

ERROR [-]

# PHIS - Visualisation



**(a)** Phenotyping Hybrid Information System - Graphic Visualization interface. The interface includes search criteria for Experiment (ARCH2016-04-19), Object Type (Ear inflorescence), Variety (Lo1270\_H), and Scientific Objects. It also features a Variables Selection panel with options for Imaging (Convex Hull Plant Area) and Phenotyping.

**(b)** A line graph showing plant height over time from Jan 1, 2017, to Jun 16, 2017. The y-axis represents height in cm, ranging from 0 to 250. A blue line shows the growth trend, which peaks around 200 cm in late May and then slightly declines. A tooltip for 'Add annotation or event' is visible over the graph.

**(c)** A close-up photograph of a corn plant's ear inflorescence.

**(d)** Image Visualization of a corn plant in a field, showing two different views of the plant's growth and development. A QR code is present in the top right corner.

**(e)** Image Visualization of a corn plant in a field, showing two different views of the plant's growth and development. A QR code is present in the top right corner.

**(f)** A heatmap visualization of a corn field layout, showing total plant height across different plots. The color scale ranges from 150 (purple) to 300 (orange). A tooltip for a specific plot shows genotype #PG138, plot# 167, and various scientific object IDs.

# PHIS - Analyse de données



- librairie R permettant d'interroger les services webs (calcul variables élaborées, rapport R Markdown)
- connection avec un serveur Galaxy

Thermal Time Calculation Report

<b>Name</b>	Thermal Time Calculation Report
<b>URI</b>	<a href="http://www.phenome-fppn.fr/id/analysis/dathermal">http://www.phenome-fppn.fr/id/analysis/dathermal</a>
<b>Description</b>	For a PhenoArch experiment, a thermal time is calculated according to the user's choice (baseline or parent's metho). A HTML report and a csv file are produced by this program.
<b>Documents</b>	

**Experiment \***

ARCH2017-03-30

**Species \***

maize

**Thermal time method \***

B. Parent method

**Event**

sowing

**Temperature Variable \***

airTemperature

Run



# Perspectives et Conclusion



- Services de haut niveau à développer
  - Fournir un déploiement facilité
  - ...
- 
- PHIS est installé : WUR, North-Universities, Leuven, Australia, Japan...
  - D'autres implémentations Sun'Agri, Sixtine, Sinfonia, WEIS
  - Formations utilisateurs, administrateurs, et développeurs

# Remerciements

## UMR MISTEA

Pascal Neveu  
Anne Tireau  
Arnaud Charleroy  
Isabelle Alic  
Isabelle Sanchez  
Alice Boizet  
Vincent Migot  
Renaud Colin  
Julien Bonnefont  
Brigitte Cheval  
Sammy Gilles  
Emilie Fernandez



## UMR LEPSE

François Tardieu  
Vincent Nègre  
Llorenç Cabrera-Bosquet



## Partenaires PHENOME-EMPHASIS

Patrick Moreau  
Cyril Pommier  
Romain Chapuis  
Boris Adam  
Philippe Burger....



- Référence : Neveu et al. 2018, New Phytologist.