

# Le premier module d'une ontologie agricole sur la protection des cultures : Agronomic Taxon

Catherine ROUSSEY<sup>1</sup>, Jean-Pierre CHANET<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Irstea centre de Clermont-Ferrand,  
24 avenue des Landais CS 20085 63 178 Aubière  
prenom.nom@irstea.fr  
<http://www.irstea.fr>

**Résumé** : Dans cet article, nous décrivons le développement du premier module de l'ontologie agricole dédiée à l'observation des attaques de ravageurs dans les cultures. Nous avons appliqué la méthodologie NeOn et plus particulièrement la méthode de conception d'ontologies basée sur les Patrons de Conception Ontologique.

**Mots-clés** : patron de conception, ontologie modulaire, méthode de conception, linked open data, agriculture.

## 1 Introduction

L'agriculture est en phase de rupture, notamment les pratiques agricoles doivent évoluer pour réduire drastiquement l'utilisation des pesticides. Par conséquent, les agriculteurs ou les agronomes doivent repenser les pratiques agricoles à partir d'expériences réussies. En effet, avant de tester de nouvelles pratiques, il est nécessaire d'accumuler des connaissances sur le développement des plantes (ou tout autre sujet lié aux pratiques agricoles comme les produits chimiques ou les données météorologiques) et de fournir autant de données que possible sur ces connaissances. Le web de données (Linked Open Data en anglais ou LOD) est une opportunité pour accélérer le partage des données et donc l'évolution des pratiques agricoles.

Dans l'agriculture, de nombreuses ressources sont disponibles dans divers formats électroniques: corpus de documents, thésaurus, bases de données ... Malheureusement, nous constatons que le web de données est relativement peu développé pour le domaine agricole. Le service d'Eurostat propose des données statistiques au format RDF concernant l'agriculture de chaque pays (production, prix, zone agricole, structure des exploitations). Dans notre cas, nous voulons fournir des données

agricoles à un niveau de détail plus fin. Ainsi, nous devons développer de nouvelles ontologies.

Le présent document est structuré comme suit: la section 2 détaille nos motivations. La section 3 présente un état de l'art sur les méthodologies de développement d'ontologies. La section 4 présente la méthode que nous avons utilisée et l'illustre avec le développement d'un module de taxon agronomique. Enfin, nous concluons et présentons les travaux futurs.

## **2 Motivations**

Au fil des dernières décennies, les pratiques agricoles ont fortement évolué sous le jeu de diverses contraintes : enjeux sociétaux et environnementaux, cadre réglementaire, changement climatique... Les données en agriculture ont d'abord été utilisées à des fins de traçabilité des produits issus de l'agriculture pour la sécurité alimentaire. La multiplication des équipements embarqués et des capteurs aux champs permet à l'heure actuelle de disposer de grands volumes de données spatiotemporelles (Ruiz-Garcia et al. 2009; Steinberger et al. 2009) pour suivre les pratiques des agriculteurs. Le prochain enjeu, est de rendre ces données disponibles à l'ensemble des acteurs de la filière afin qu'il puisse les mobiliser dans les outils d'analyse (Xie et al. 2008). Le Web de données est une opportunité pour accélérer cette mutualisation des données et par conséquent suivre l'évolution des pratiques agricoles.

Afin de pouvoir publier ces données sur le Web de données, il convient de structurer les relations entre les différents concepts manipulés par la thématique agricole : plantes, maladies, ravageurs, pesticides, rotation, ... Un certain nombre de ressources sont disponibles et mobilisables : ontologies de taxons, thésaurus, base de données, corpus documentaire. Mais si l'on s'intéresse à un thème particulier, comme par exemple la protection des cultures, il n'existe pas de ressource dédiée. En effet il faut mobiliser un ensemble de ressources et les relier. Nous proposons de créer une ontologie agréant un ensemble de ressources autour d'une thématique. Cela permettra ensuite de publier sur le Web de données les données disponibles, mais également d'annoter les nombreux documents décrivant les pratiques.

## **3 Etat de l'art sur les méthodes de conception d'ontologies**

Différentes méthodes de construction d'ontologies existent dans la littérature et permettent de construire une ontologie d'application, c'est-à-dire spécifiant les connaissances nécessaires à une application donnée.

Nous ne nous intéressons qu'aux méthodologies et méthodes associées permettant de construire des ontologies modulaires adaptées pour le développement du web de données. Dans ce cadre, une ontologie d'application est vue comme un réseau de modules (Ben Abbès et al. 2012). C'est-à-dire que l'ontologie spécifiant les connaissances d'un domaine d'application importe plusieurs sous ontologies dites modules. Un module se caractérise par (Ben Abbès et al. 2012):

- 1 Une taille limitée
- 2 Une couverture limitée centrée sur une thématique bien définie
- 3 Autonomie : un module est capable d'exister et de fonctionner à part entière sans l'aide d'un autre module
- 4 Les composants d'un même module ont une forte connectivité entre eux
- 5 Les composants d'un module ont une faible connectivité avec les composants des autres modules d'une même ontologie d'application
- 6 Réutilisabilité : un module doit être facilement réutilisable pour d'autres ontologies d'application
- 7 Intègre ou cohérente localement : c'est-à-dire que le modèle logique sous jacent ne contient pas d'incohérences logiques détectable par un raisonneur.

D'après (Jarrar. 2005), les modules sont faciles à construire, à maintenir et à remplacer. Ils facilitent l'ingénierie distribuée d'ontologies modulaires localisées sur des serveurs distants et portant sur des thèmes différents. Une tendance proposée est de construire des modules à partir de Patrons de Conception Ontologique (PCO) ou Ontology Design Pattern en anglais (ODP).

Nous avons comparé plusieurs méthodologies et méthodes de conception d'ontologies : METHONTOLOGY (Fernández-López, Gómez-Pérez, and Juristo 1997), On-To-Knowledge (Sure and Studer 2002), et NeOn (Suarez-Figueroa et al. 2012), Anémone (Özacar et al. 2011). Cette comparaison est fondée sur plusieurs critères :

- 1 Modularité : La méthode génère-t-elle des ontologies modulaires ?
- 2 Intégration : La méthode propose-t-elle d'intégrer des ontologies entre elles? Par exemple une ontologie O1 peut importer une ontologie O2.
- 3 Réutilisation : la méthode propose t'elle de réutiliser des ressources lors de la création des ontologies.
- 4 PCO : La méthode propose t'elle d'utiliser de patrons de conception ontologiques

	Mod.	Int.	Réu.	PCO
METHONTOLOGY	Non	Oui	Ontologies	Non

On-To-Knowledge	Non	Oui	Ontologies	Non
NeOn	Oui	Oui	Toutes ressources : BD, thesaurus, ontologies	Tout PCO : PCO de contenu, PCO Logique, ...
Anemone	Oui	Oui	BD, ontologies	PCO logique

Table 1. Comparaison des méthodologies de conception d'ontologies

Nous remarquons dans le Tableau 1 que la méthode NeOnsemble la plus complète. C'est pour cela que nous avons utilisée une de ces méthodes de conception d'ontologies. NeOn propose neuf scénarios possibles permettant de construire une ontologie. Le scénario qui nous a particulièrement intéressés est le 7 « pattern based ontology design », qui permet de construire une ontologie à partir de patrons de conceptions. Ce choix s'est fait principalement en raison de notre connaissance de patrons de conception ontologique de contenu dédié au domaine agricole développés par la FAO.

#### 4 Scénario 7 de NeOn

Dans cette section, nous présentons toutes les activités impliquées dans le scénario 7 et nous illustrons ces activités avec le développement de notre premier module Agronomic Taxon. La Figure 1 illustre l'enchaînement des activités mises en place dans le scénario 7.

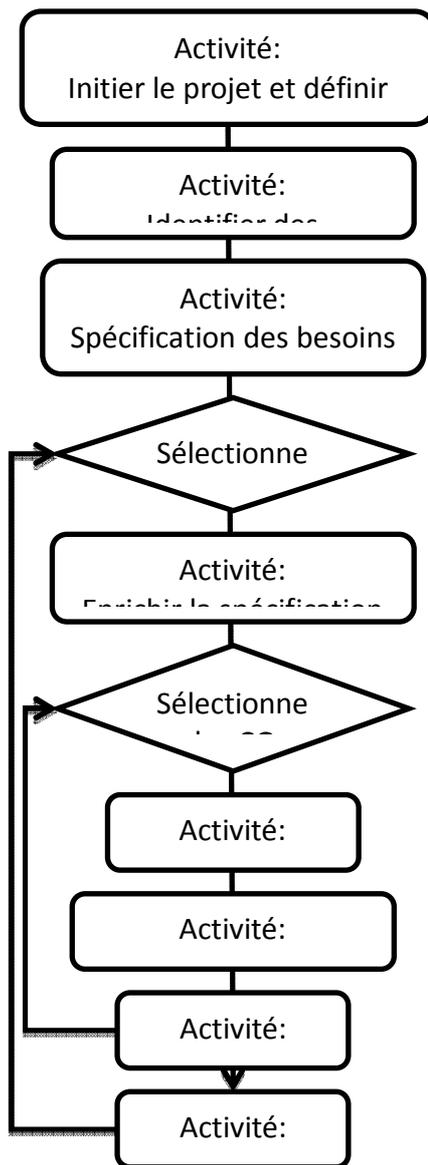
##### 4.1 Initier le projet et délimiter son périmètre

Nous souhaitons développer une ontologie modulaire pour annoter des corpus de documents sur la surveillance biologique des cultures, la protection des cultures et les bonnes pratiques agricoles. Nos ontologies serviront aussi de schémas pour stocker des données spatio-temporelles relatives aux observations faites sur le développement des cultures et les attaques des bio-agresseurs sur ces mêmes cultures. Le but étant de publier l'ensemble de ces données sur le web de données.

Dans un premier temps nous nous focalisons sur les observations des cultures faites dans les Bulletins de Santé du Végétal (BSV)<sup>1</sup>. Nous souhaitons associer à ces documents des annotations spatio-temporelles représentant une observation d'une attaque d'une culture dans une région à une date donnée.

L'ontologie devra être capable de raisonner pour découvrir de potentiels nouveaux agresseurs ou auxiliaires des cultures. Nous nous positionnons en tant que développeur d'ontologies et nous nous sommes

<sup>1</sup> <http://agriculture.gouv.fr/Bulletins-de-sante-du-vegetal>



associé à plusieurs experts du domaine : un agronome de l'Inra sur le développement des plantes, un agriculteur en charge de l'exploitation agricole de notre institut. Un wiki est utilisé pour le développement du projet accessible à la fois aux développeurs d'ontologies et aux experts du domaine.

Figure 1. Les activités du scénario 7 de la méthodologie NeOn.

#### 4.2 Identifier les catalogues de PCO

Nous avons connaissances de 2 catalogues : le wiki Ontology Design Pattern (ODP) où des chercheurs de la FAO ont proposé déjà plusieurs patrons sur le domaine agricole. Le site Linked Open Vocabularies (LOV) décrit plusieurs schémas de métadonnées utilisées en sciences du vivant.

#### 4.3 Spécification des besoins par collecte d'histoires

Le wiki agriontology<sup>2</sup> est utilisé pour collecter les histoires permettant de spécifier les besoins. Les histoires ont été initiées par les développeurs en vue d'annoter le corpus des Bulletins de Santé du Végétal sur la surveillance biologique des cultures dans les régions de France. Elles sont ensuite enrichies par les experts du domaine. Le wiki contient pour chaque histoire son titre, une brève description, son niveau de priorité et ses liens de dépendances avec d'autres ontologies ou schémas RDF. 6 histoires ont été spécifiées et les deux premières permettent déjà de spécifier des modules associés.

Le tableau suivant présente la première histoire.

<sup>2</sup> [sites.google.com/site/agriontology/home/irstea](http://sites.google.com/site/agriontology/home/irstea)

Titre :	AgronomicTaxon
Description:	Module utilisé pour décrire les classifications agronomiques, leurs taxons et les associés aux organismes vivants.
Dépendance:	Il existe sur le web de données des sources décrivant ces taxons (wikispecies, DBpedia, NCBI). Ce module doit être compatible avec ces sources.
Priorité :	Très Forte

Table 2. Histoire associée au module AgronomicTaxon

#### 4.4 Enrichir les spécifications

Pour compléter les spécifications, il est demandé aux experts de proposer de compléter l'histoire. Les *CompetencyQuestions*<sup>3</sup>(CQ) sont proposées à la fois par les experts et par les développeurs. La partie raisonnement est complétée par les développeurs aux vues des discussions avec les experts. La contrainte exprimée dans le *ContextualStatement* est validée par les experts.

<b>Titre :</b>	<b>AgronomicTaxon</b>
<b>Description:</b>	Nous devons savoir pour tous organismes vivants quels taxons d'une classification connue (comme Cronquist ou APGIII) lui est associé. Le but est de permettre aux agricultures et aux agronomes de partager des descriptions communes des organismes vivants. Nous voulons aussi enrichir les taxons en précisant les variétés des semences vendues par les firmes agroalimentaires.
<b>Raisonnement:</b>	<p>1) Pouvoir, à partir de l'association du taxon à l'organisme, classer automatiquement cet organisme dans une de ses classes filles (plante, champignon, insecte ou mammifère). D'autres sous classes doivent pouvoir être définies en fonction des applications.</p> <p>2) Trouver tous les taxons parents dans la taxonomie à partir de l'association d'un seul taxon. Par exemple si je classe un organisme sous « triticum durum », il faut aussi que cet organisme soit classé sous « plantae » automatiquement.</p> <p>3) Proposer automatiquement les noms des plantes à partir des taxonomies. Chaque plante porte le nom de son espèce, que ce soit le nom scientifique ou le nom usuel.</p>
<b>Competency Questions</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— CQ1: est ce que cet organisme vivant est une plante ?</li> <li>— CQ2: quel est le nom scientifique de cette plante ?</li> <li>— CQ3: quel est le nom commun de cette plante ?</li> <li>— CQ4: est ce que cet organisme vivant est un champignon ?</li> </ul>

<sup>3</sup> Questions en langage naturel permettant d'exprimer un besoin

- CQ5: est ce que cet organisme vivant est un insecte ?
- CQ6: quelles sont les variétés de blé ?
- CQ7: quelle est la classification agronomique associée à ce taxon ?
- CQ8: quels sont les rangs inférieur au rang « plantae » ?

**ContextualStatement**

En agriculture, un organisme vivant a forcément un taxon dans une classification agronomique.

Table 3. Spécifications finales du module AgronomicTaxon

#### 4.5 Sélectionner des PCO

Dans un premier temps il a été nécessaire de découvrir quelles sont les classifications agronomiques disponibles et de spécifier celles qui sont utilisées pour notre application. La CQ7 couvre en partie ce besoin. Il existe une recommandation du W3C intitulé Simple Knowledge Organization System (SKOS) pour stocker les classifications, les taxonomies, les thésaurus au format RDF. Ce premier vocabulaire RDFS est le premier PCO que nous souhaitons réutiliser du fait de sa notoriété. Donc d'après SKOS, une classification donnée est un *ConceptScheme* et un taxon agronomique est un *Concept*. Le fait qu'un *Concept* appartienne à un *ConceptScheme* est indiqué par la relation<sup>4</sup> *inScheme*. Cette relation va nous permettre de répondre à la CQ7.

Dans un second temps nous nous sommes intéressés aux CQ1, CQ4, CQ5. Ces questions nous demandent de modéliser le lien entre un organisme vivant et ses taxons dans une classification donnée. Sur le web de données il a été proposé plusieurs vocabulaires pour stocker des informations sur les organismes vivants et les taxonomies. Nous sommes allés tout d'abord sur le LOV pour identifier ses vocabulaires

Provenance	Préfixe	nom	Date de dernière mise à jour	Nb de classes	Nb de relations	Nb attributs	Fichier disponible	documentation
LOV	botany	BiologicalTaxonomy Vocabulary 0.2	2009	5	2	110	oui	oui
LOV	biol	BiologicalTaxonomy Vocabulary 0.2 (Core)	2008	3	3	12	oui	oui

<sup>4</sup> Dans cet article, une relation correspond à une « objectproperty » en OWL

LOV	taxon	TaxonMapOntology Initial	2013	62	19	14	oui	non
LOV	txn	TaxonConceptOntology	2012	109	152	91	oui	oui
LOV	geosp	GeoSpeciesOntology	2009	107	250	128	oui	non
LOV	wlo	WildlifeOntology	2010	31	29	16	non	oui
	tdwg	TDWG ontology - core	2007	14			non	oui
	tmo	TaxMeOn	2011	32	32	11	non	oui
ODP	neon	LinneanTaxonomy	2008	8	4	0	oui	oui
ODP	neon	classification	2008	2	2	0	oui	oui

Table 4. Liste des ontologies sur les descriptions taxonomiques

Dans le répertoire LOV nous avons trouvé :

BiologicalTaxonomyVocabulary 0.2 (Core) a été créé en 2008 par TobyInkster. Ce vocabulaire est une simplification du vocabulaire botany créé aussi par TobyInkster. Il relie une entité (par exemple foaf:person) à son taxon identifié par la classe *Taxonomy* en utilisant la relation *hasTaxonomy*. Ce taxon peut être une ressource de DBpedia par exemple. Ce vocabulaire spécialise la propriété *rdfs:label* en *biol:name* et *biol:commonName* pour indiquer les noms communs et scientifiques d'un taxon. L'organisation taxonomique est précisée par des attributs<sup>5</sup>*biol:kingdom*, *biol:phylum*, *biol:species*, *biol:genus*, etc. tous fils de l'attribut *biol:rank*.

Peter J DeVries est le créateur de la base de connaissances geospecies. Cette base de connaissances<sup>6</sup>répertorie les espèces vivantes. Elle indique pour chaque espèce ses taxons (kingdom, class, phylum, etc.). Pour chaque taxon elle propose des liens vers les taxons de différentes taxonomies, comme Ubio ou NCBI. Elle complète la description des espèces par des photographies, des liens vers des sites web comme wikipedia ou wikispecies. Elle répertorie aussi l'ensemble des observations faites sur une espèce en indiquant le lieu et l'auteur de l'observation. Pour réaliser cette base de connaissances plusieurs ontologies ont été créées qui sont présentes sur le LOV : TaxonMapOntology est l'ontologie initiale, qui a été enrichie ensuite en GeoSpecies et maintenant en TaxonConceptOntology. Plusieurs versions de ces ontologies sont accessibles sur le web, mais aucune n'est documentée correctement pour comprendre facilement leur usage.

<sup>5</sup> Dans cet article, un attribut correspond à une « data property » en OWL.

<sup>6</sup> <http://lod.geospecies.org/>

Les taxonomies évoluent au cours du temps en raison de nouvelles publications scientifiques. Tout chercheur pour proposer un nouveau nom de taxon publie un article à ce sujet. Nous avons trouvé trois ontologies dédiées à l'évolution de taxonomies:

1. Wildlife Ontology a été créée dans (Kobilarov et al. 2009) pour la BBC,
2. TaxMeOn (TMO) proposée par (Tuominen et al. 2011),
3. TDWG créée par (Kennedy et al. 2006).

Toutes ces ontologies sont en dehors du domaine de notre application. Elles modélisent un nom de taxon en classe pour relier plusieurs taxons et sauvegarder leur évolution.

Le projet NeOn a généré plusieurs PCO :

Le patron *classification* définit la relation entre une entité et un concept issu d'un SKOS. Cette relation est intitulée *isClassifiedBy* et sa relation inverse *classifies* est aussi définie. Ce patron est issu de l'ontologie Dolce Ultra Light (DUL).

Le patron intitulé *linneantaxonomy* est composé des classes *Taxon*, *Kingdom*, *Phylum*, *Class*, *Order*, *Family*, *Genus*, *Species*. La relation entre taxons est nommée *hasHigherRank*, qui est spécialisée par *hasDirectHigherRank*. Les relations inverses ont aussi été définies *hasLowerRank* et *hasDirectLowerRank*.

#### 4.6 Importer et fusionner les PCO

Parmi toutes les ontologies que nous avons énumérées, nous sélectionnons celles qui répondent au mieux aux critères des PCO. Un PCO doit être synthétique, petit en terme de nombre d'éléments, bien documenté pour identifier clairement le problème à résoudre et téléchargeable. Tous ces critères permettent de définir une ontologie facilement réutilisable.

Nous avons donc choisi les PCO de NeOn trouvés sur le site Web ODP. Nous avons également réutilisé la spécialisation de *rdfs:label* proposée dans le vocabulaire biol.

La figure 2 présente le module AgronomicTaxon. Les noms en gras représentent les nouveaux éléments que nous avons proposés. Les préfixes indiquent la provenance des éléments importés.

Nous avons ajouté deux attributs redondants : *hasScientificName* et *hasVernacularName*. En effet les règles SWRL ne peuvent pas utiliser des propriétés d'annotations. Ces propriétés ne sont pas toujours manipulables par des raisonneurs au contraire des attributs ou des relations.

Un taxon correspond à un *skos:Concept* et permet de classer les entités. La classe *Taxon* est spécialisée en plusieurs sous classes: *Kingdom* (règne), *Genus* (genre), *Species* (espèce). Nous avons supprimées certaines contraintes du PCO initial car certaines taxonomies

ont plus de type de taxons que ceux définis dans ce PCO (par exemple sous-espèces). Pour couvrir les besoins de la CQ6 nous ajoutons une nouvelle classe nommée *Variety* (variété) qui est une sous-classe de *Taxon*.

Nous avons spécialisés *isClassifiedBy* en trois relations *isClassifiedByKingdom*, *isClassifiedBySpecies* et *isClassifiedByVariety*.

Pour couvrir la CQ7 nous ajoutons la relation inverse de *skos:inScheme* que nous avons nommé *memberScheme*.

Pour couvrir le premier besoin en raisonnement, nous définissons les sous-classes d'organisme vivant en utilisant la propriété *isClassifiedBy*. Par exemple, les plantes sont des organismes vivants classées par une instance de taxon de type *Kingdom* nommée « plantae ».

Pour couvrir le second besoin en raisonnement, nous ajoutons une propriété chain à *isClassifiedBy*: (*isClassifiedBy* o *hasHigherRank* - > *isClassifiedBy*). Ainsi, tout organisme classé par un taxon est également classé par le taxon parent en utilisant la relation *hasHigherRank*.

Pour couvrir le troisième besoin en raisonnement, nous ajoutons deux règles SWRL qui dupliquent le nom scientifique et le nom commun de l'espèce pour donner un nom à l'organisme vivant.

#### 4.7 Tester le module

Pour tester le module, nous le peuplons avec des individus représentant des plants de blé dur et leurs taxons associés. Nous décrivons le test dans une nouvelle page de wiki afin de documenter la Base de Connaissances (BC) utilisée pour les tests. Nous testons chacune des spécifications de raisonnement avec le raisonneur Pellet (Sirin et al. 2007). Nous produisons aussi la BC contenant les axiomes déduits par Pellet. Pour tester les CQ, nous générons une nouvelle version de la BC contenant des requêtes. Nous proposons une requête pour chaque CQ. Sur la page wiki que trois fichiers sont disponibles: la BC représentant le module, la BC avec les axiomes déduits et la KB avec les axiomes déduits et les requêtes.

#### 4.8 Publier le module

Une page spécifique sur le wiki Agriontology a été consacrée à la documentation de ce module. Le fichier OWL correspondant est téléchargeable à partir de cette page web. La page dédiée au test du module est également accessible afin de comprendre comment utiliser les raisonnements possibles avec ce module.

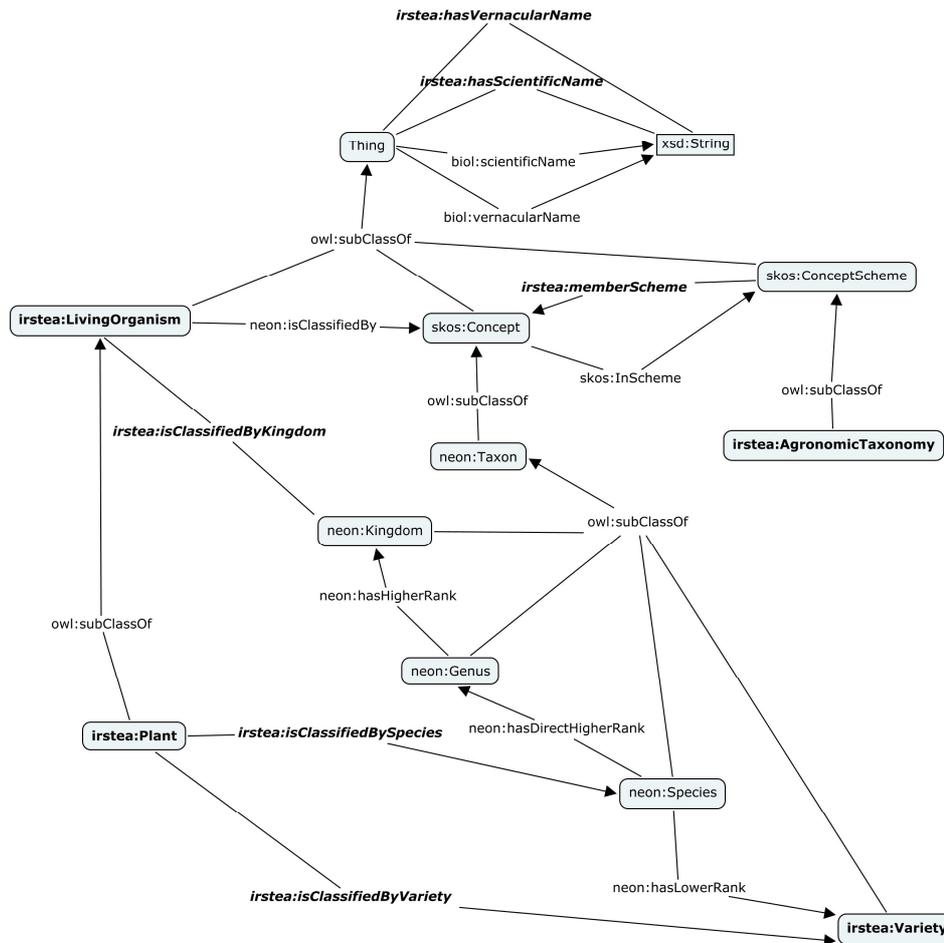


Figure 2 : Le module *AgronomicTaxon*

## 5 Conclusion

Dans cet article nous présentons le développement du premier module de notre ontologie agricole. Ce module appelé *AgronomicTaxon* est consacré à la description des organismes vivants à l'aide de taxonomies. L'objectif est de permettre aux agriculteurs et des agronomes de partager des données dans le LOD. Nous utilisons la méthode NeOn basé sur des patrons de conception pour développer ce module. Ce module est capable de classer automatiquement les organismes en fonction de leur description taxonomique. Les noms de l'organisme sont aussi automatiquement déduits des noms de leurs taxons.

Pour tester ce module nous devons construire une base de connaissances plus complètes et la relier aux bases archivant des observations d'espèces du monde vivant.

## Références

- FERNANDEZ-LOPEZ, M. ET AL. (1997). Methontology: from ontological art towards ontological engineering.
- KENNEDY, J. ET AL. (2006). Standard Data Model Representation for Taxonomic Information. *OMICS: A Journal of Integrative Biology*. 10, 2, 220–230.
- KOBILAROV, G. ET AL. (2009). Media Meets Semantic Web – How the BBC Uses DBpedia and Linked Data to Make Connections. In: Aroyo, L. et al. (eds.) *The Semantic Web: Research and Applications*. pp. 723–737 Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- JARRAR, M. (2005) *Towards Methodological Principles For Ontology Engineering*. PhD Vrije Universiteit Brussel Faculty of science, May 2005, 364 pages.
- ÖZACAR, T. ÖZTÜRK, O. ÜNALIR, M.O. (2011) ANEMONE: An environment for modular ontology development. *Data & Knowledge Engineering*, vol. 70, n 6, p. 504-526, juin 2011.
- RUIZ-GARCIA, L. ET AL. (2009). A review of wireless sensor technologies and applications in agriculture and food industry: state of the art and current trends. *Sensors*. 9, 6, 4728–4750.
- SIRIN, E., PARSIA, B., GRAU, B.C., KALYANPUR, A., KATZ, Y., (2007). Pellet: A practical OWL-DL reasoner. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web* 5, 51–53.
- STEINBERGER, G. ET AL. (2009). Mobile farm equipment as a data source in an agricultural service architecture. *Computers and electronics in agriculture*. 65, 2, 238–246.
- SUAREZ-FIGUEROA, M.-C. ET AL. 2012: *Ontology Engineering in a Networked World*. .
- SURE, Y., STUDER, R. (2002). *On-To-Knowledge methodology-final version*.
- BEN ABBÈS, S., SCHEUERMANN, A., MEILENDER, T., D'AQUIN, M. (2012) *Characterizing Modular Ontologies*. In : *Proceedings of the 6th International Workshop on Modular Ontologies*, Graz, Austria, July 24, 2012. *Ceur Workshop Proceeding Vol 875 (ceur-ws.org/Vol-875/)*
- TUOMINEN, J. ET AL. (2011). Biological Names and Taxonomies on the Semantic Web – Managing the Change in Scientific Conception. In: Antoniou, G. et al. (eds.) *The Semantic Web: Research and Applications*. pp. 255–269 Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- XIE, N. ET AL. (2008). Ontology-based agricultural knowledge acquisition and application. *Computer And Computing Technologies In Agriculture, Volume I*. 349–357.