



**HAL**  
open science

## **SYGNAL, un outil de représentation des connaissances pour le diagnostic et la conception des systèmes viticoles. Application aux maladies du bois**

Simon Léo, Heinrich G, Lafond David, Guérin A, Guillermin P, Simon Sylvaine, Neveu Pascal, Christian Gary, Metral Raphaël

### ► To cite this version:

Simon Léo, Heinrich G, Lafond David, Guérin A, Guillermin P, et al.. SYGNAL, un outil de représentation des connaissances pour le diagnostic et la conception des systèmes viticoles. Application aux maladies du bois. 12ème Journée Scientifique Vigne–Vin, "Le numérique en viticulture et en oenologie", Montpellier SupAgro; Inrae, Mar 2021, Montpellier, France. hal-03352463

**HAL Id: hal-03352463**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03352463>**

Submitted on 23 Sep 2021

**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.

# **SYGNAL, un outil de représentation des connaissances pour le diagnostic et la conception des systèmes viticoles**

Application aux maladies du bois

**SIMON L.<sup>1</sup>, HEINRICH G.<sup>1</sup>, LAFOND D.<sup>2</sup>, GUERIN A.<sup>3</sup>, GUILLERMIN P.<sup>4</sup>, SIMON S.<sup>5</sup>, NEVEU P.<sup>6</sup>, GARY C.<sup>1</sup>, METRAL R.<sup>1</sup>.**

<sup>1</sup> System, INRAE, CIRAD, CIHEAM-IAMM, Montpellier SupAgro, Univ Montpellier, Montpellier, France

<sup>2</sup> Institut français de la vigne et du vin, France

<sup>3</sup> Institut français des productions cidricoles, France

<sup>4</sup> IRHS, AgroCampus Ouest, INRAE, Univ. Angers, Angers, France

<sup>5</sup> UERI Gotheron, INRAE, Avignon, France

<sup>6</sup> MISTEA, INRAE, Montpellier SupAgro, Univ Montpellier, Montpellier, France

**Contact :** leo.simon@supagro.fr ou raphael.metral@supagro.fr

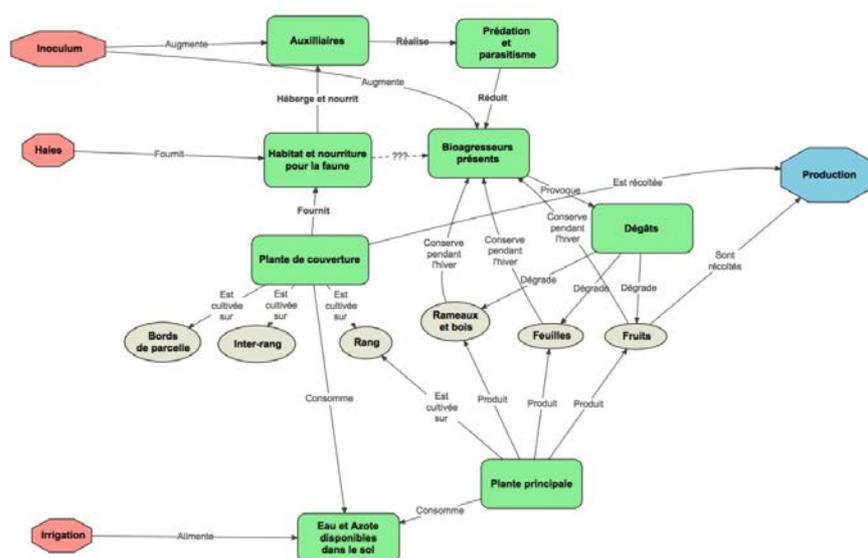
## **1 Introduction**

La conception de systèmes agroécologiques exige généricité (des processus) et spécificité (des combinaisons techniques nombreuses), ce qui suppose de partager et d'intégrer des connaissances très diverses pour adapter chaque système à son contexte (sol, climat, paysage, exploitation). Les travaux réalisés en cultures pérennes et en viticulture montrent que la construction de prototypes théoriques de systèmes et de règles de décision, leur mise en expérimentation et l'analyse des résultats, qui plus est dans un réseau multi-sites à l'échelle régionale ou nationale, génèrent une masse importante de données et de connaissances sur le continuum techniques-processus-performances. Si elles sont formalisées dans un modèle conceptuel d'agrosystème (Claverie *et al.*, 2011 ; Wery *et al.*, 2017), ces connaissances peuvent être qualifiées de systémiques, d'une part parce qu'elles se positionnent clairement en un point de ce continuum et d'autre part parce qu'on peut en extraire le caractère générique (entre variétés, entre régions voire entre espèces) et le caractère spécifique (à une variété, à un sol...). Au cours des dernières années la filière viticole a engagé de nombreuses actions visant à (re)concevoir des agrosystèmes à plus faibles intrants en utilisant l'analyse systémique des relations techniques-processus-performances et le prototypage de système par expérimentation (Lafond *et al.*, 2013, Metral *et al.*, 2018). Ces démarches se sont largement appuyées sur la modélisation conceptuelle des agrosystèmes (Lamanda *et al.*, 2012) indispensable pour intégrer des connaissances jusque-là dispersées dans la littérature entre différentes disciplines mais aussi entre des savoirs scientifiques (sur les processus biophysiques et leurs liens aux performances productives) et des savoirs empiriques (sur les techniques et leur mise en œuvre dans la diversité des régions françaises). Des démarches d'élucidation de ces connaissances par entretien avec des experts et d'intégration/partage en ateliers ont été élaborées et mises en œuvre avec succès pour formuler des hypothèses testables par expérimentation sur des syndromes complexes (par exemple sur le dépérissement de la Syrah, Claverie *et al.*, 2011, 2013). Par ailleurs, l'ingénierie des connaissances fait l'objet de développements scientifiques, notamment dans le domaine des ontologies (Neveu *et al.*, 2015) déjà mobilisés en œnologie (Mulyarto *et al.*, 2014).

Pour aller plus loin dans la capitalisation et la mise à disposition de cette masse de connaissances, il est indispensable de disposer d'outils informatiques qui combinent une base de connaissances et la capacité d'extraire et de représenter sous forme de graphes (cartes heuristiques) la partie de la

connaissance nécessaire et suffisante à chaque étape de la conception (y compris le choix des indicateurs d'évaluation) et pour chaque système à concevoir. Ces schémas constituent des **graphes de connaissances** composés (i) de **concepts** qui forment des sommets ou des nœuds et (ii) de **relations** entre ces concepts qui forment les arrêtes. Chaque schéma mobilise de ce fait (au sens informatique) une **ontologie** de représentation des connaissances<sup>1</sup>. La figure 1 est un exemple de représentation conceptuelle de connaissances liées au fonctionnement général d'une partie d'un système de culture. Différents concepts y sont mobilisés (auxiliaires, plantes principales, inoculum, etc.) ainsi qu'un certain nombre de relations entre ces concepts (réduit, héberge, dégrade, etc.).

L'objectif de ce travail est de formaliser et développer des modèles conceptuels sous une forme utilisable par un ordinateur, afin de pouvoir explorer les connaissances incluses dans ces modèles conceptuels en bénéficiant des possibilités de requêtes, d'extrapolation et de visualisation offertes par ces outils.



**Figure 1** : Exemple de représentation conceptuelle du fonctionnement et des relations au sein d'un agrosystème (Casdar AgroEcoPérenne 2017-2020).

## 2 Méthodes et cadre de développement de l'outil SYGNAL

Ce travail s'inscrit dans les projets Casdar AgroEcoPérenne (IFV, SupAgro, IFPC, INRAE, AgroCampus Ouest, GRAB) et TraDeVi (INRAE Montpellier, Bordeaux et IFV). Un des objectifs principaux d'AgroEcoPérenne est de valoriser, exploiter et mettre à disposition l'ensemble des connaissances de nature hétérogène (savoirs scientifiques et empiriques) et dispersée (entre disciplines), dans une approche d'ingénierie agroécologique. Le projet TraDeVi (Plan national dépérissement du vignoble<sup>2</sup>) a également pour objectif la production de connaissances scientifiques et techniques sur les déterminants climatiques, édaphiques et biologiques de la vulnérabilité et de la mortalité des ceps. Le dépérissement

<sup>1</sup> « Une ontologie définit des concepts (principes, idées, catégorie d'objet, notions potentiellement abstraites) et des relations. Elle inclut généralement une organisation hiérarchique des concepts pertinents et des relations qui existent entre ces concepts, ainsi que des règles et axiomes qui les contraignent. »

<https://interstices.info/ontologies-informatiques/>

<sup>2</sup> <https://www.plan-deperissement-vigne.fr/>

des vignobles est un processus multifactoriel dont la dynamique s'étale sur plusieurs années. La modélisation conceptuelle apparaît comme un bon outil pour intégrer des connaissances scientifiques et expertes diverses dans une représentation systémique des déterminants et des leviers de gestion des dépérissements. Cela passe notamment par la création d'un outil informatique de gestion de connaissances. L'exemple des déterminants des maladies du bois (Claverie *et al.*, 2013) a été utilisé pour tester les premiers développements informatiques réalisés et présentés ici.

## 2.1 Ontologie d'acquisition

Le formalisme de représentation des connaissances proposé dans SYGNAL constitue une ontologie de représentation des connaissances, ou **ontologie d'acquisition** (OA). Cette ontologie impose le cadre (ensemble fini de concepts et relations) nécessaire pour la représentation de **connaissances ontologiques**, « toujours vraies » quel que soit le contexte et constituant en ce sens une base de faits. Cette ontologie d'acquisition se base sur un paradigme de départ (Wery *et al.* 2017) regroupant deux types de concepts et une relation.

Paradigme de départ : <b>Processus</b> (concept) – <b>implique</b> (relation) -> <b>Agent</b> (concept)
---

Agent : Ce concept permet de représenter une entité physiquement observable à un instant t. Exemples : Vigne, feuille de vigne, larve de coccinelle, sol, agriculteur, nichoir à mésange.

Processus : Ce concept permet de figurer les événements mettant en action et en interaction les agents. Exemples : Prédation de X sur Y, Epanchage d'insecticide, croissance des feuilles de vigne.

Implique : Cette relation permet de lier les agents aux processus dans lesquelles ils sont impliqués. Cette relation a un sens : un processus implique un agent ou un agent « est impliqué dans » un processus.

**Maturation** (processus) – **implique** -> **Baie vigne** (agent)

**E. ambiguella** (agent) <- **implique** - **Attaque de cochylis** (processus) – **implique** -> **Baie vigne** (agent)

L'ontologie d'acquisition consiste en une évolution (spécialisation) de ce paradigme et l'ajout de nouveaux concepts et relations.

## 2.2 Ontologie de conception

L'ontologie des concepts agronomiques d'intérêt ou **ontologie de conception** (OC) a pour but d'inventorier, caractériser et articuler les concepts utiles lors des phases de conception (auxiliaire, cycle biologique, bioagresseur, plante de service etc.). Cette ontologie constitue l'ossature des fonctionnalités d'exploration des connaissances et d'aide à la conception de l'outil.

La figure 2 résume les principes de fonctionnement de l'outil SYGNAL. L'ontologie d'acquisition permet la constitution et l'agrégation de graphes de connaissance (1 et 2), l'ontologie de conception permet de formuler des requêtes (3) sous forme de « patterns graphiques » permettant d'explorer la base de connaissances (4) et d'en extraire les informations utiles à une situation de conception (5). Cette figure présente également un exemple de formulation de requêtes liant la connaissance exprimée dans l'ontologie d'acquisition à des concepts (bioagresseur, auxiliaire) rattachés à l'ontologie de conception.

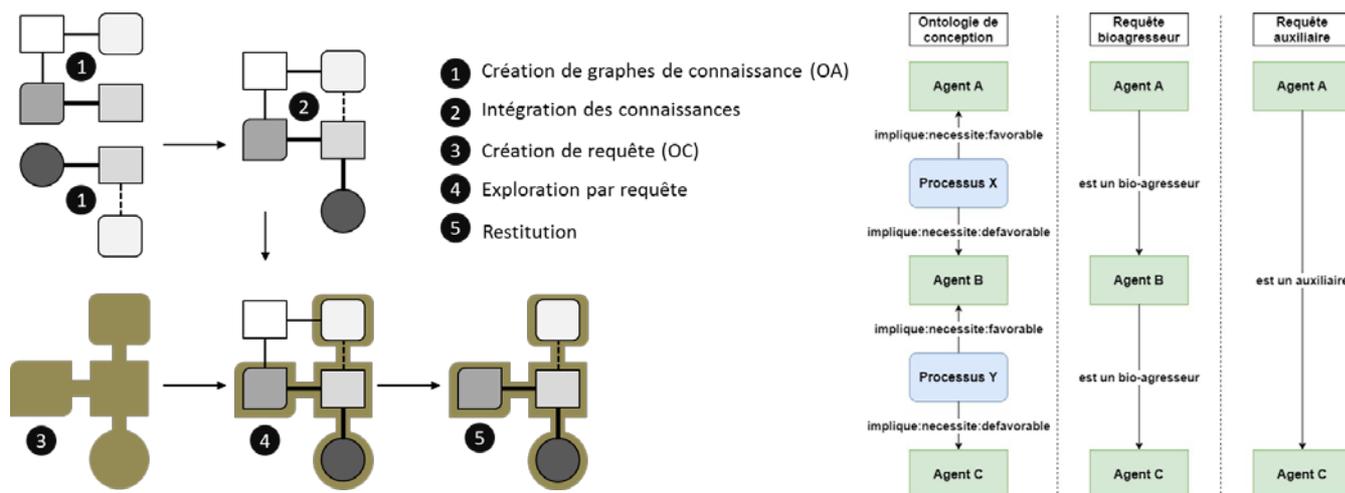


Figure 2 : Etapes du fonctionnement de l’outil SYGNAL (gauche) et exemple de la formulation de requêtes (droite).

### 3 Résultats

#### 3.1 Fonctionnalités du prototype SYGNAL

La figure 3 présente les fonctionnalités actuelles de l’outil et les différentes technologies utilisées. L’interface GraphDrawer (1) permet la création et la modification de graphes de connaissances. L’intégration des connaissances implique une étape de modération (2) et l’utilisation de programmes (3) permettant de constituer la base de données graphique de connaissances (Ici la solution « neo4j »). Les raisonnements sur les connaissances et les restitutions sont gérés actuellement soit par des requêtes d’extraction codées en langage python (4) soit par l’outil GoGui<sup>3</sup> (5) développé par le LIRMM<sup>4</sup>.

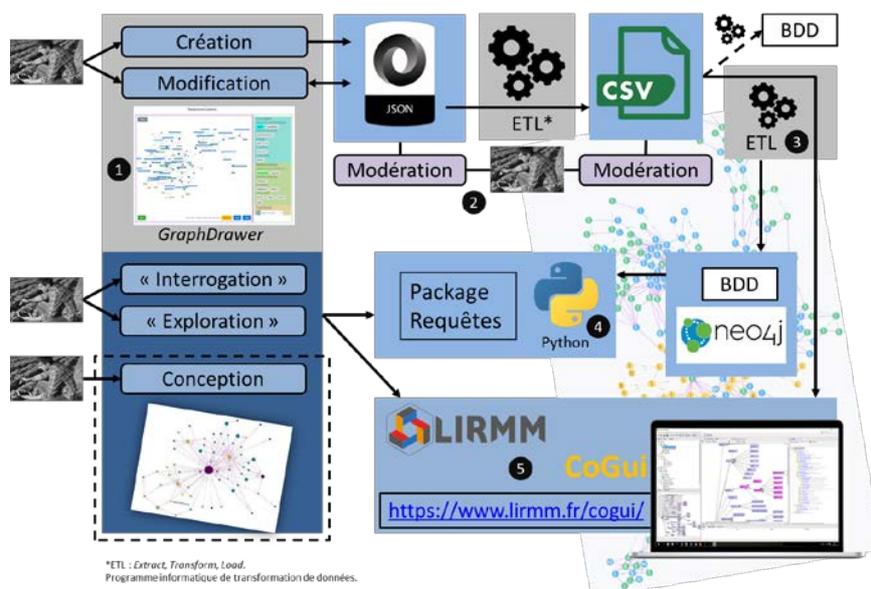


Figure 3 : Fonctionnalités actuelles de l’outil SYGNAL.

<sup>3</sup> CoGui : <https://www.lirmm.fr/cogui/>

<sup>4</sup> LIRMM : Laboratoire d’Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier.  
<http://www.lirmm.fr/>

### 3.2 Application aux maladies du bois

#### 3.2.1 Transcription dans l’outil

Cette étape permet construire un modèle conceptuel de connaissances dans le langage de l’ontologie d’acquisition pour être intégré dans la base de connaissances de SYGNAL. La figure 4 illustre le graphe de connaissances obtenu sur l’exemple des maladies du bois de la vigne.

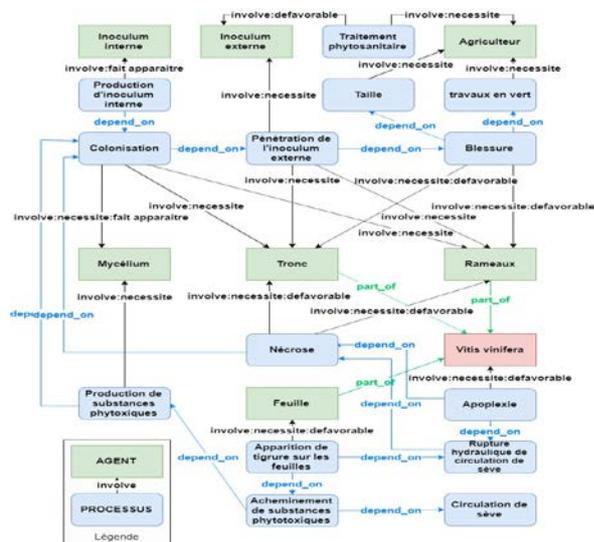


Figure 4 : Transcription dans SYGNAL des connaissances liées aux maladie du bois de la vigne (Claverie et al., soumis)

#### 3.2.2 Premiers résultats de raisonnement sur les connaissances

Les fonctionnalités de requêtage et d’extraction permettent de restituer des parties du graphe de connaissances. Dans notre exemple, nous avons répondu aux questions suivantes : De quels agent et processus dépendent deux processus caractérisant les symptômes des maladies du bois ? Existe-t-il des pratiques culturales en lien avec ces processus ? Quelles sont les espèces impliquées ? Quelles sont les pratiques culturales défavorables aux agents impliqués ?

Les premiers extraits du graphe (figure 5) expliquent les symptômes d’apoplexie et d’apparition de tigrures sur les feuilles liés aux maladies du bois. Ces deux symptômes correspondent à deux processus défavorables à la vigne dont il est possible d’explorer les causes via les différents liens de dépendance. L’apparition de tigrures sur les feuilles dépend in fine de la production de substances phytotoxiques et/ou du processus de nécrose dont dépend également l’apoplexie.

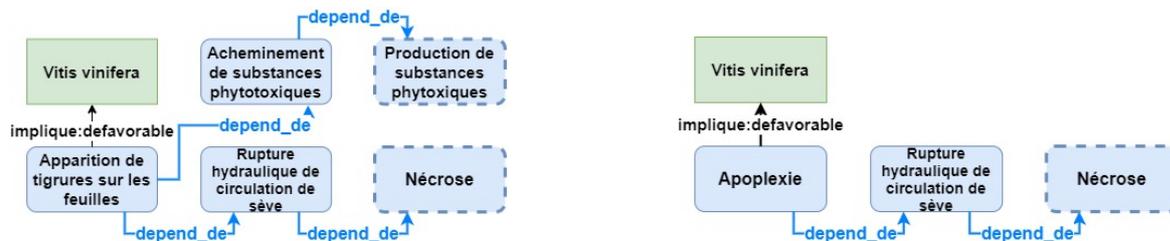
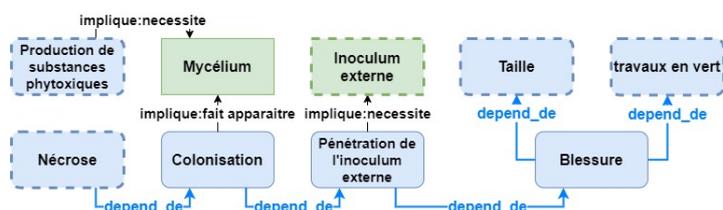


Figure 5 : Extractions graphiques issues de la base de connaissance (agent en vert, processus en bleu).

Comme le montre l'extraction sur la figure 6, la nécrose dépend de la colonisation qui elle-même dépend du processus d'infection (pénétration de l'inoculum externe). Cette infection dépend elle-même d'un processus de blessure de la vigne en lien avec les pratiques de taille ou de travaux en vert.



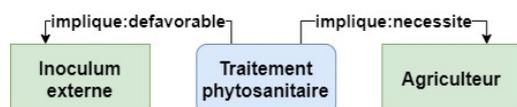
**Figure 6** : Extraction graphique issue de la base de connaissance (agent en vert, processus en bleu).

Une autre requête permet d'identifier sept espèces (figure 7) potentiellement responsables des processus d'infection, colonisation et production de substances phytotoxiques.



**Figure 7** : Extraction graphique issue de la base de connaissance (agent en vert, processus en bleu).

A l'heure actuelle le traitement phytosanitaire (figure 8) est la seule pratique culturale renseignée dans la base qui soit défavorable à un agent (inoculum externe) présent dans la chaîne de dépendance détectée par l'outil (figure 6) et donc potentiellement responsable des symptômes.



**Figure 8** : Extraction graphique issue de la base de connaissance (agent en vert, processus en bleu).

## 4 Conclusion et perspectives

Ce travail montre qu'il est possible de traduire dans un formalisme donné (ontologie d'acquisition) des connaissances, de les intégrer à une base de données sous forme de graphes et d'exprimer des requêtes permettant des extractions et son exploration. Les restitutions graphiques prises pour exemple dans ce travail s'appuient sur deux processus défavorables à la vigne caractérisant les symptômes des maladies du bois de la vigne. Il est important de voir que tout concept (agent ou processus) présent dans la base de connaissances peut constituer un point d'entrée pour le requêtage et in fine la restitution d'informations. A partir du prototype, le travail d'acquisition doit se poursuivre pour enrichir la base de connaissances et caractériser plus de liens entre différentes thématiques. L'outil SYGNAL est conçu pour être ouvert sur le web et accessible à tout contributeur connecté. Les premiers tests montrent des possibilités très conséquentes par la formulation de requêtes diverses et adaptées à de nombreuses questions. Cependant, la formalisation de l'ontologie de conception doit fournir le cadre d'une utilisation plus ergonomique et répondant aux besoins liés à la conception des agrosystèmes. Les développements de SYGNAL (en cours) étudient des fonctionnalités nouvelles comme la détection de « trous de connaissance ». Par ailleurs, l'intégration possible de nouveaux concepts de contextualisation

(géographique, pédoclimatique) et une réflexion sur la temporalité et la spatialisation constituent des perspectives vers des fonctionnalités de simulation.

### Remerciements

Ces travaux ont été financés par le projet Casdar *AgroEcoPérenne* et par le projet Plan National Dépérissement du Vignoble *Tradevi*.

### Références

Claverie, M., Delmotte, S., Wery, J. 2011. « Dépérissement de la Syrah : compréhension des dysfonctionnements physiologiques amenant le cep crevassé à la mort : I. Elaboration d'hypothèses à l'aide d'un modèle conceptuel ». *Progrès Agricole et Viticole* 128 : 88-96.

Claverie M., Garin P., Goma-Fortin N., Mejean I., Wery J., 2013. « Dépérissement de la Syrah : Compréhension des dysfonctionnements physiologiques amenant le cep crevassé à la mort : II : Vérification des hypothèses du modèle conceptuel et perspectives ». *Progrès Agricole et Viticole* 130 : 6-21.

Lafond D., Coulon T., Métral R., Mérot A., Wery J., 2013. « EcoViti : a systemic approach to design low pesticide vineyards. Integrated Protection and Production in Viticulture ». *IOBC-WPRS Bulletin* Vol. 85 pp. 77-86

Lamanda, N., Roux, S., Delmotte, S., Merot, A., Rapidel, B., Adam, M., & Wery, J. (2012). A protocol for the conceptualisation of an agro-ecosystem to guide data acquisition and analysis and expert knowledge integration. *European Journal of Agronomy*, 38, 104-116.

Métral, R., Chevrier, C., Bals, N., Bouisson, Y., Didier, V., Enard, C., Fremont N., Garin, P., Gautier, T., Genevet, B., Goma-Fortin, N., Guillois, F., Ohi, B., Thiery, J. (2018). *DEPHY EXPE EcoViti Arc Méditerranéen : synthèse des résultats 2012-2017*. *Innovations Agronomiques*, 70, 3-20. , DOI : 10.15454/ukkbw

Mulyarto A R., Salmon J-M., Neveu P., Buche P., Charnomordic B., 2014. « Ontology-Based Model for Food Transformation Processes - Application to Winemaking » DOI: 10.1007/978-3-319-13674-5\_30 *Communications in Computer and Information Science* Volume 478, 2014, pp 329-343

Neveu P., Domerg C., Fabre J., Nègre V., Gennari E., Tireau A., Corby O., Faron-Zucker C., Mirbel I., 2010. « Using Ontologies of Software: Example of R Functions ». *Management Resource Discovery - Third International Workshop, RED, Paris, France, November 5, 2010, Revised Selected Papers* DOI: 10.1007/978-3-642-27392-6\_4

Wery J., H. Marrou, A. Metay, J. R. Porter, 2017. A methodology to conceptualise an issue into an AgroSystem. *Teaching Document. EMSACS Course, Module 2.1. Montpellier SupAgro*, 13 p.