



**HAL**  
open science

## **AICHA : un modele integre pour l'etude de l'impact du changement climatique sur les eaux souterraines d'un petit bassin versant indien**

Jacques-Eric Bergez, Eric Casellas, Helene Raynal, Marion Robert

### ► To cite this version:

Jacques-Eric Bergez, Eric Casellas, Helene Raynal, Marion Robert. AICHA : un modele integre pour l'etude de l'impact du changement climatique sur les eaux souterraines d'un petit bassin versant indien. 10. Colloque Modèle de culture STICS, Mar 2015, Rennes, France. , 103 p., 2015, Xe séminaire des utilisateurs et concepteurs du modèle STICS. Ier séminaire du réseau scientifique STICS. hal-01601454

**HAL Id: hal-01601454**

**<https://hal.science/hal-01601454>**

Submitted on 3 Jun 2020

**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.



X<sup>e</sup> Colloque  
Modèle de culture  
STICS

24-26  
mars  
2015

stics  
RENNES

**X<sup>e</sup> séminaire des utilisateurs et concepteurs du modèle STICS**

*1<sup>er</sup> séminaire du réseau scientifique STICS*



**24-26 mars 2015**

**AGROCAMPUS OUEST, 65 rue de St-Brieuc, Rennes**



## ORGANISATION

### Pour Rennes :

Virginie Parnaudeau, Karine Derrien et Maryvonne Pertué (UMR SAS)

Site web : Thierry Trochet (UMR SAS)

Logistique site AGROCAMPUS OUEST : Anne Bourdeau et Stéphane Crespel (Agrocampus Ouest)

Conception graphique : Sylvaine Bitteur et Eric Beaumont (INRA Rennes)

### Pour l'Equipe Projet STICS :

Nicolas Beaudoin ; Dominique Ripoche

## COMITE SCIENTIFIQUE

Nicolas Beaudoin ; Dominique Ripoche ; Virginie Parnaudeau  
Patrick Bertuzzi ; Samuel Buis ; Eric Casellas ; Julie Constantin ; Iñaki Garcia de Cortazar-Atauri ;  
Benjamin Dumont ; Ophélie Fovet, Eric Justes ; Hayo van der Werf ; Marie Launay ; Christine Le Bas ; Gaetan  
Louarn ; Françoise Ruget

## INTERVENANTS INVITES

*Margarita Ruiz-Ramos* : chercheuse à l'Ecole Technique Supérieur des Ingénieurs Agronomes de l'Université Polytechnique de Madrid, dans l'équipe AgSystems (Systèmes des cultures).  
Spécialiste de la modélisation de cultures, qui a réalisé de nombreuses études sur l'impact du changement climatique sur l'agriculture en France.

*Pierre Cellier* : directeur de recherche à l'INRA, UMR ECOSYS à Grignon, Chef de Département Adjoint « Environnement et Agronomie ».  
Spécialiste des échanges de masse et d'énergie entre les couverts agricoles et l'atmosphère et des émissions et dépôts de polluants (NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, ozone, pesticides) et de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, ozone).

## SOUTIENS FINANCIERS ET LOGISTIQUES

INRA – Département Environnement et Agronomie ; Agrocampus Ouest ; Rennes Métropole

INRA - Centre de Rennes ; INRA – UMR SAS

## PROGRAMME

### Mardi 24 mars 2015

8h00-9h30 **Accueil café**

**Session 1 : Matinée introductive**

*Animateur : Iñaki Garcia de Cortazar-Atauri*

9h30-11h00 *Equipe projet STICS (EPS) : Travaux et gouvernance de l'Equipe Projet STICS*

11h00-11h45 *Cellier Pierre : Enjeux du réseau STICS pour les départements EA et l'INRA*

11h45-12h00 **Mini-pause**

12h00-13h00 *Keynote par Margarita Ruiz Ramos :  
Les modèles de culture face au changement climatique : les enjeux des projets  
nationaux, européens et internationaux*

13h00-13h15 *Informations pratiques*

13h30-14h30 **Repas**

14h45-16h15 **Session 2 : Projets internationaux mobilisant STICS**

*Animateur : Eric Justes*

*Patrick Bertuzzi et al. : STICS et exercices internationaux d'inter-comparaison de  
modèles de culture. (20 + 5 min)*

*JE Bergez, Hélène Raynal, Patrick Durand, Laurent Ruiz et al. : AICHA: un projet  
franco-indien pour l'analyse de l'impact du changement climatique sur  
l'agriculture irriguée en Inde du sud. (25 + 5 minutes)*

*Fernando Macena da Silva, François Affholder, Marc Corbeels : Les impacts du  
changement climatique sur la production de maïs dans le Cerrado du Brésil.*

*Françoise Ruget, Dominique Ripoche, Jean-Louis Durand : Comprendre les  
différences entre des sorties de modèles plutôt que les moyenner ?*

16h15-16h45 **Pause**

16h45-17h45 **Session 3 : Couplage et approches intégrées mobilisant STICS**

*Animateur : Iñaki Garcia de Cortazar-Atauri*

*Julie Caubel, Sophie Wieruszkeski, Iñaki Garcia de Cortazar-Atauri, Nathalie de  
Noblet-Ducoudré : Recherche d'indicateurs de fonctionnement des grandes  
cultures à partir du modèle global ORCHIDEE : cas du rendement*

*Sabine-Karen Yemadje, Julien Moeys, Eric Justes, Enrique Barriuso, Marjorie  
Ubertosi, Nicolas Munier-Jolain, Laure Mamy : Forçage du modèle de simulation  
du devenir des pesticides MACRO avec le modèle de culture STICS pour évaluer  
les flux de pesticides dans les systèmes de culture innovants*

*Pierre Humblot, Pierre-Alain Jayet, Elvire Petel, Athanasios Petsakos : L'eau et  
l'azote comme intrants : apports d'un modèle de culture à l'analyse économique.*

18h30 **Visite guidée de Rennes (Rendez-vous : Place du Parlement)**

20h30 **Repas en ville en crêperie (L'Epi de Blé, place de la gare)**

## Mercredi 25 mars 2015

### 8h30-10h30 **Session 4 : Nouveaux formalismes et évaluation de STICS**

*Animatrice : Françoise Ruget*

*L. Strullu, F. Ferchaud, N. Beaudoin, N. Yates, I.G. de Cortàzar Aauri, I. Shield et B. Mary* : -: Amélioration et validation multi-sites d'une version de recherche du modèle STICS pour simuler sur le long terme une culture pérenne : Miscanthus × giganteus

*Guillaume Jégo, Martin Chantigny, Elizabeth Pattey, Gilles Bélanger, Philippe Rochette, Anne Vanasse, Claudia Goyer* : Amélioration d'un modèle de couvert de neige et simulations multi-annuelles avec STICS dans les climats nordiques

*Laure Beff, Yvon Lambert, Nicolas Beaudoin, Bruno Mary et Thierry Morvan*: Utilisation du modèle STICS pour quantifier la vitesse potentielle de minéralisation de l'azote organique du sol sur le réseau régional "Mh"

*Wilfried Queyrel, Florence Habets, Hélène Blanchoud, Marie Launay, Dominique Ripoche* : Simulation du devenir des pesticides dans les sols à l'aide du module Pesticis : applications et futurs développements

*S. Zaka, S. Buis, F. Ruget, J.-L. Durand, G. Louarn* : Analyse de sensibilité des fonctions de réponse à la température dans STICS-Prairie

*Magali Willaume, Julie Constantin, Olivier Therond* : AqYield peut-il rivaliser avec STICS pour simuler la dynamique hydrique et le rendement de 3 cultures de printemps sous contraintes hydriques ?

### 10h30-11h **Pause**

### 11h-13h15 **Session 5: Usage de STICS à des échelles spatiales « larges »**

*Animateur : Gaëtan Louarn*

*Elizabeth Pattey, Guillaume Jégo, S. Morteza Mesbah, Jianguo Liu, Isabelle Duchesne* : Impact de la résolution spatiale des propriétés de sol et des données climatiques sur les prédictions régionales de rendement du maïs avec le modèle STICS (logiciel OptimiSTICS)

*Christine Le Bas, Yves Coquet, Marion Bardy, Robert Faivre, Martine Guérif, Florence Habets, Samuel Buis, Isabelle Cousin* : Etude méthodologique de l'impact des incertitudes liées à l'estimation spatialisée des paramètres sols du modèle Stics à partir de la Base de Données Géographique des Sols de France à 1/1 000 000. :

*Enguerrand Burel, Rémy Fieuzal, Frédéric Baup, Nathalie Jarosz-Pellé, Vincent Bustillo* : Perspectives d'amélioration du modèle STICS par couplage pour la spatialisation du fonctionnement des agrosystèmes en conditions hydriques limitantes

*Sylvain Ferrant, Simon Gascoin, Patrick Durand, Vincent Bustillo* : Perspectives de la télédétection dans la modélisation agro-hydrologique spatialisée : l'exemple de la pollution agricole dans le sud-ouest de la France :

*Beaudoin N., Mary B., Gallois N., Le Bas C., Puech T., Schott C., Viennot P.* : Expertise multicritère de la spatialisation de STICS à l'échelle macro-régionale : Application à la modélisation des flux d'eau et d'azote dans le bassin de la Seine

### 13h30-14h30 **Repas**

14h45-16h15 **Session Posters**

16h15-16h45 **Pause**

16h45-18h30 **Tables rondes en parallèle**

- Quels besoins de prise en compte de nouveaux processus ou de révision de formalismes existants ? (avec introduction sur le projet scientifique).

*Animé par Gaëtan Louarn et Marie Launay*

- Test, évaluation et domaine de définition : comment augmenter la confiance des utilisateurs dans le modèle (communication de performances sur quels systèmes, plantes, processus (CC), configuration pédoclimatique, mise à disposition d'outil).

*Animé par Samuel Buis et Eric Justes*

- Ergonomie, documentation, outils : comment faciliter l'utilisation de STICS ?

*Animé par Dominique Ripoche et Christine Le Bas*

- Modulariser STICS : pour faire quoi, quelles attentes vis à vis de la modularisation.

*Animé par Eric Casellas et Nicolas Beaudoin*

20h **Repas en ville (La Taverne) avec le groupe de musique celtique Pao Bran**

## **Jeudi 26 mars 2015**

9h-10h30 **Session 6 : Systèmes de culture innovants et paramétrages associés**

*Animatrice : Marie Launay*

*Françoise Ruget, Kamran Irfan, Samuel Buis : Aptitudes de STICS calibré à estimer le rendement du riz en Camargue lorsqu'il est calibré sur des données en parcelles agricoles*

*Daniel Plaza-Bonilla et Eric Justes : Simulation avec le modèle STICS de 6 systèmes de culture à bas intrants incluant des légumineuses à graines et des cultures intermédiaires*

*Cecilia M. Armas-Herrera, Nicolas Beaudoin, Silvina B. Restovich, Adrian E. Andriulo, François Affholder, Alexandra Maltas, Jørgen E. Olesen, Behzad Sharif, François Laurent, Jean-Pierre Cohu, Bruno Mary : Modélisation avec STICS des effets de non travail versus travail du sol en systèmes de culture sous des conditions pédoclimatiques contrastées*

*Hélène Tribouillois et Eric Justes : Simulation avec le modèle STICS des services écosystémiques de gestion de l'azote produits par des cultures intermédiaires bispécifiques*

10h30-11h **Pause**

11h-12h15 **Restitution des tables rondes**  
**Assemblée générale**

12h15-13h15 **Conclusion**

13h30-14h30 **Repas assis ou panier-repas**

14h30 **Clôture du séminaire**

## TABLE DES MATIERES

Organisation .....	2
Comité scientifique.....	2
Intervenants invités.....	2
Soutiens financiers et logistiques.....	2
Programme.....	3
SESSION 1 – Communication orale.....	9
Système de test et d'évaluation en routine du modèle STICS .....	10
SESSION 1 - Posters .....	12
Refactoring du code de STICS.....	13
Mise en œuvre de simulations grande échelle de STICS sur la plate-forme RECORD. Application aux projets Agmip (pilote C3MP) et MACSUR (scaling pilot) .....	15
SESSION 2 – Communications orales.....	17
STICS et exercices internationaux d'inter-comparaison de modèles de culture.....	18
Adaptation de l'agriculture Irriguée au CHAngement climatique (AICHA) : une modélisation trans-disciplinaire d'un bassin-versant en Inde du Sud .....	22
AICHA : Un modèle intégré pour l'étude de l'impact du changement climatique sur les eaux souterraines d'un petit bassin versant Indien .....	24
Les impacts du changement climatique sur la production de maïs dans le Cerrado du Brésil.....	26
Comprendre les différences entre des sorties de modèles plutôt que les moyennner ?.....	28
SESSION 3 – Communications orales.....	31
Recherche d'indicateurs de fonctionnement des grandes cultures à partir du modèle global ORCHIDEE : cas du rendement.....	32
Forçage du modèle de simulation du devenir des pesticides MACRO avec le modèle de culture STICS pour évaluer les flux de pesticides dans les systèmes de culture innovants.....	34
L'eau et l'azote comme intrants : apports d'un modèle de culture à l'analyse économique.....	36
SESSION 3 - Posters .....	38
Etude des conséquences environnementales de la substitution des engrais minéraux par l'épandage de Produits Résiduaire Organiques (PROs) avec la méthode d'Analyse de Cycle de Vie (ACV) .....	39
Couplage de STICS avec un modèle d'architecture racinaire, ARCHISIMPLE .....	41
SESSION 4 – Communications orales.....	43
Amélioration et validation multi-sites d'une version de recherche du modèle STICS pour simuler sur le long terme une culture pérenne : Miscanthus × giganteus .....	44
Amélioration d'un modèle de couvert de neige et simulations multi-annuelles avec STICS dans les climats nordiques.....	46
Utilisation du modèle STICS pour quantifier la vitesse potentielle de minéralisation de l'azote organique du sol sur le réseau régional "Mh" .....	48
Simulation du devenir des pesticides dans les sols à l'aide du module Pestic : applications et futurs développements.....	50

Analyse de sensibilité des fonctions de réponse à la température dans STICS-Prairie.....	52
AqYield peut-il rivaliser avec STICS pour simuler la dynamique hydrique et le rendement de 3 cultures de printemps sous contraintes hydriques ? .....	54
SESSION 4 - Posters .....	57
Création de IDE-STICS (base de données intercontinentale pour l'évaluation de STICS) .....	58
SESSION 5 – Communications orales.....	60
Impact de la résolution spatiale des propriétés de sol et des données climatiques sur les prédictions régionales de rendement du maïs avec le modèle STICS (logiciel OptimiSTICS) .....	61
Etude méthodologique de l'impact des incertitudes liées à l'estimation spatialisée des paramètres sols du modèle Stics à partir de la Base de Données Géographique des Sols de France à 1/1 000 000.....	63
Perspectives d'amélioration du modèle STICS par couplage pour la spatialisation du fonctionnement des agrosystèmes en conditions hydriques limitantes .....	65
Perspectives de la télédétection dans la modélisation agro-hydrologique spatialisée : l'exemple de la pollution agricole dans le sud-ouest de la France .....	67
Expertise multicritère de la spatialisation de STICS à l'échelle macro-régionale : Application à la modélisation des flux d'eau et d'azote dans le bassin de la Seine.....	69
SESSION 5 - Posters .....	71
Modélisation avec STICS de l'impact de la gestion des résidus de culture sur l'évolution de la fertilité du sol et du potentiel de rendement d'une culture de blé .....	72
Cycle de l'azote en milieu tropical semi-aride sous culture intensive: le bassin versant de la Berambadi	74
Nitrogen cycle in a tropical semi-arid watershed under intensive agriculture: The Berambadi case .....	74
STICS ET LA PRODUCTION DE REFERENCES LOCALES : EXEMPLE DE LA MODELISATION DU DEVELOPPEMENT DU BLE DANS UNE REGION NATURELLE DE CHARENTE-MARITIME .....	76
SESSION 6 – Communications orales.....	79
Aptitudes de STICS calibré à estimer le rendement du riz en Camargue lorsqu'il est calibré sur des données en parcelles agricoles.....	80
Simulation avec le modèle STICS de 6 systèmes de culture à bas intrants incluant des légumineuses à graines et des cultures intermédiaires .....	83
Modélisation avec STICS des effets de non travail versus travail du sol en systèmes de culture sous des conditions pédoclimatiques contrastées.....	85
Simulation avec le modèle STICS des services écosystémiques de gestion de l'azote produits par des cultures intermédiaires bispécifiques .....	87
SESSION 6 - Posters .....	89
Intégration de données simulées par STICS dans un indicateur agro-environnemental de couverture du sol .....	90
Les pertes de C et N organique du sol sont réduites grâce à l'introduction de cultures intermédiaires dans les rotations avec légumineuses : simulations avec le modèle STICS .....	92
Paramétrage du modèle de culture STICS pour simuler la croissance des prairies de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. BRS Piatã en conditions du Cerrado brésilien .....	94
Utilisation de STICS pour l'analyse de services écosystémiques multiples en verger de pommiers .....	96

Quantification des niveaux de stress abiotiques avec le modèle de culture STICS : une première étape dans l'évaluation de la robustesse des systèmes agricoles..... 98

# AICHA : UN MODELE INTEGRE POUR L'ETUDE DE L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES EAUX SOUTERRAINES D'UN PETIT BASSIN VERSANT INDIEN

## AICHA : AN INTEGRATED MODEL TO STUDY THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON GROUNDWATER, IN THE CONTEXT OF A SMALL INDIAN WATERSHED

*J-E.Bergez<sup>1</sup>, E.Casellas<sup>2</sup>, H.Raynal<sup>2</sup>, M.Robert<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>INRA, UMR1248 AGIR, F-31326 Castanet-Tolosan, France ; <sup>2</sup>INRA, UR0875 MIAT, F-31326 Castanet-Tolosan, France*

**Mots clés :** Modèle intégré ; Changement climatique ; Gestion de l'irrigation ; Bassin versant ; Inde

**Keywords :** Integrated model; Climate change; Irrigation management; Watershed; India

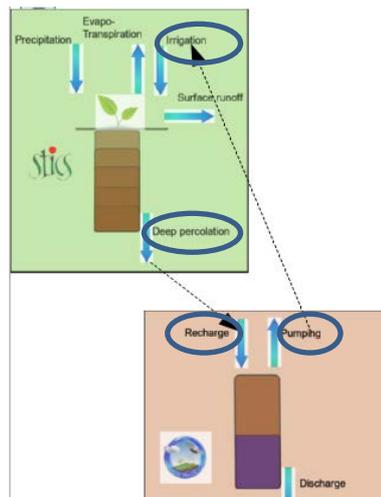
### Introduction

Dans le contexte du changement climatique et d'une agriculture de plus en plus dépendante des eaux souterraines pour l'irrigation, il est important d'étudier la durabilité des systèmes de culture actuels et de proposer le cas échéant, des scénarios alternatifs en s'appuyant sur la modélisation. Un des objectifs du projet AICHA (Adaptation of Irrigated Agriculture to Climate Change) concerne le développement d'un modèle intégré (incluant les composantes agronomie, hydrologie et économie) qui servira à tester des scénarios d'évolution des systèmes agricoles à l'échelle de l'exploitation agricole et du bassin versant. Ce projet franco-indien est appliqué au bassin versant expérimental de Berambadi (sud de l'Inde). Nous présentons le premier prototype de ce modèle intégré, développé sur la plate-forme RECORD (J-E. Bergez et al. 2013) et donnons quelques perspectives quant à son utilisation dans le projet. Ce dernier est financé par l'INRA (méta-programme ACCAF) et CEFIPRA (Centre Franco-Indien pour la Promotion de la Recherche Avancée).

### Matériel et méthode

Le bassin de Berambadi représente 84 km<sup>2</sup>, et dans le contexte de ce premier prototype il a été découpé en une grille de 150x210 cellules, soit une résolution de 100mx100m. En première approche on considère que ces cellules représentent les parcelles agricoles. Le système que l'on modélise concerne l'ensemble des processus bio-physiques, hydro-géologiques et décisionnels sur cette zone. Le modèle intégré repose sur deux modèles existants qui servent de briques élémentaires. Les processus bio-physiques sont traités par STICS et les processus hydrologiques sont traités avec le modèle de nappe hydro-géologique distribué « AMBHAS » (<http://ambhas.com>). Ces deux modèles ayant été développés initialement en dehors de RECORD (respectivement en FORTRAN et Python), une étape d'encapsulation informatique a été préalablement réalisée (J-E. Bergez et al. 2014), afin qu'ils puissent être utilisés sur la plate-forme. Les processus décisionnels sont décrits à l'aide du formalisme proposé par RECORD, puis implémentés informatiquement dans la plate-forme. L'étape décisive de l'intégration concerne le couplage dynamique entre ces différents éléments, qui consiste donc à coupler 150x210 STICS/RECORD au modèle AMBHAS (ce dernier couvre l'ensemble de la grille, et intègre en interne la discrétisation spatiale en cellule qui est similaire à la discrétisation spatiale de surface) (Figure 1). Le pas de temps de simulation est journalier et on veut pouvoir simuler le modèle en enchaînant plusieurs années. Les entrées du modèle sont renseignées à partir d'un fichier texte issu d'un fichier SIG, qui contient les informations pour chaque cellule de la grille. Nous avons ensuite travaillé à définir différents cas d'utilisation de ce modèle, et avons choisi d'élaborer deux types principaux de scénario : i) Changement de l'allocation des cultures sur les différentes parcelles (sur Berambadi, les cultures principales sont le curcuma, le tournesol, le maïs, l'œillet d'inde), ii) Changement du niveau d'irrigation des cultures. Ces scénarios seront utilisés pour valider le modèle et travailler à tester différents scénarios d'évaluation.

Figure 1 : Principe du couplage dynamique entre une parcelle (une unité de simulation STICS) et le modèle de nappe hydro-géologique (AMBHAS). Les flux d'eau échangés entre les deux modèles concernent : i) l'eau de drainage calculée par STICS et qui est une entrée d'AMBHAS, ii) l'eau qui est pompée pour l'irrigation de la parcelle qui est une sortie d'AMBHAS et qui est calculée en fonction de la demande en eau de la plante et d'un processus décisionnel basé sur la hauteur de la nappe d'eau. Ce couplage est dynamique (variables de couplages entourées en bleu) et intervient à chaque pas de temps (jour). Les flux de surface sont négligés.



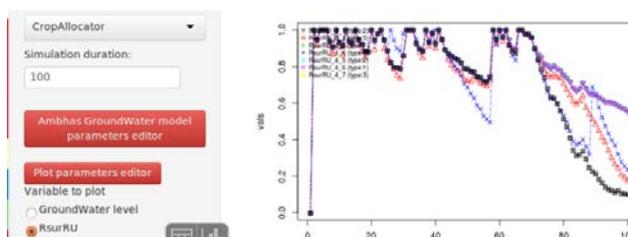
## Résultats et perspectives

Le prototype est opérationnel. Nous avons développé une interface graphique pour faciliter sa manipulation qui permet de travailler sur l'ensemble du bassin de Berambadi ou une sous-partie. Dans ce dernier cas, on réduit les temps de simulation qui prennent plusieurs heures pour une simulation sur la totalité du bassin (Figures 2 - 3). Ce prototype évoluera vers une version finale intégrant la dimension de l'exploitation agricole (modèle en cours de développement). Il sera utilisé pour déterminer des stratégies (assolement, conduite de l'irrigation) optimisant la gestion de l'eau par les agriculteurs.

Figure 2 : Interface graphique permettant de spécifier le pourcentage de chaque culture sur chaque sous-zone du bassin. L'allocation des cultures sur chaque parcelle est générée aléatoirement.



Figure 3 : Exemple de graphiques pouvant être réalisés à l'aide de l'interface. Evolution de la dynamique des variables d'état du système, pour différentes cellules.



## Références bibliographiques

J.-E. Bergez, P. Chabrier, C. Gary, M.H. Jeuffroy, D. Makowski, G. Quesnel, E. Ramat, H. Raynal, N. Rouse, D. Wallach, P. Debaeke, P. Durand, M. Duru, J. Dury, P. Faverdin, C. Gascuel-Oudou, F. Garcia, An open platform to build, evaluate and simulate integrated models of farming and agro-ecosystems, *Environmental Modelling & Software*, Volume 39, January 2013, Pages 39-49, ISSN 1364-8152, 10.1016/j.envsoft.2012.03.011.

J.E. Bergez, H. Raynal, M. Launay, N. Beaudoin, E. Casellas, J. Caubel, P. Chabrier, E. Coucheney, J. Dury, I. Garcia de Cortazar-Atauri, E. Justes, B. Mary, D. Ripoche, F. Ruget: Evolution of the STICS crop model to tackle new environmental issues: New formalisms and integration in the modelling and simulation platform RECORD, *Environmental Modelling & Software*, volume 62, December 2014, Pages 370–384.