



**HAL**  
open science

## **Stics et exercices internationaux d'inter-comparaison de modeles de culture**

Simona Bassu, Nicolas Beaudoin, Nadine Brisson, Patrick Bertuzzi, Julie Constantin, Julien Cufi, Jean-Louis Durand, Cecilia Armas-Herrera, Helene Raynal, Dominique Ripoche, et al.

### ► **To cite this version:**

Simona Bassu, Nicolas Beaudoin, Nadine Brisson, Patrick Bertuzzi, Julie Constantin, et al.. Stics et exercices internationaux d'inter-comparaison de modeles de culture. 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-01607426

**HAL Id: hal-01607426**

**<https://hal.science/hal-01607426v1>**

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 moyennner ?*

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 Pestic : 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 Résiduaux 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

## STICS ET EXERCICES INTERNATIONAUX D'INTER-COMPARAISON DE MODELES DE CULTURE

*Simona Bassu<sup>1</sup>, Nicolas Beaudoin<sup>2</sup>, Nadine Brisson<sup>†</sup>, Patrick Bertuzzi<sup>2</sup>, Julie Constantin<sup>4</sup>, Julien Cufi<sup>3</sup>, Jean Louis Durand<sup>5</sup>, Cecilia Armas-Herrera<sup>2</sup>, H el ene Raynal<sup>6</sup>, Dominique Ripoche<sup>3</sup>, Françoise Ruget<sup>7</sup>, Giacomo de Sanctis<sup>3</sup>, Samuel Buis<sup>7</sup>.*

*<sup>1</sup>INRA, UMR Agronomie, Thiverval-Grignon ; <sup>2</sup>INRA, UR AgroImpact, Laon ; <sup>3</sup>INRA, US1116 AgroClim, Avignon; <sup>4</sup>INRA, UMR AGIR Toulouse; <sup>5</sup>INRA, UR P3F, Lusignan; <sup>6</sup>INRA, UR BIA, Toulouse; <sup>7</sup>INRA, UMR EMMAH, Avignon.*

Le 5<sup> me</sup> rapport du GIEC est un signal d'alarme sur la gravit e grandissante des impacts du changement climatique. De plus, malgr e ce contexte de dérèglement climatique, l'augmentation de la production, notamment céréalière, s'av rerait nécessaire d'ici 2050 pour nourrir la population mondiale.

Face à ces enjeux, les deux défis majeurs, pour lesquels la communauté internationale agronomique doit apporter des réponses, sont donc de (1) comprendre comment et par quels mécanismes le changement climatique affecteront les rendements des cultures et de (2) proposer les mesures nécessaires d'adaptation dans ce contexte.

Pour apporter des réponses à ces défis, l'utilisation des modèles de culture constitue un outil stratégique. La finalité principale d'un modèle de culture est d'estimer le rendement sous contrainte de variables descriptives d'entrée concernant le sol, les pratiques culturales et aussi le climat qui, dans la cas précis, est basé des projections climatiques futures. Ainsi, au même titre que l'exercice entrepris par les climatologues depuis de nombreuses années pour les modèles globaux de climat, les agronomes modélisateurs rassemblent depuis 3 ans leurs compétences autour des modèles de culture pour améliorer leur efficacité et leurs performances dans des exercices communs d'inter-comparaison.

### **Les exercices d'inter-comparaison des modèles de culture**

Les  quipes INRA participe à deux études internationales conduites :

  l'échelle mondiale, dans le cadre de l'initiative internationale AgMIP (<http://www.agmip.org/>),  
  l'échelle européenne, dans le cadre du programme commun JPI-MACSUR et de l'initiative CropM (<http://www.macsur.eu/index.php/crop-modelling>).

Ces 2 études réalisent la plus importante comparaison des performances de modèles de culture, à ce jour. Les  quipes INRA participent à ces études, dans le cadre du m taprogramme ACCAF, en apportant principalement la contribution du modèle INRA STICS. L'exercice permet sa confrontation avec plusieurs dizaines de modèles de culture comme APSIM, DSSAT, CROPSYST, CERES , EPIC, WOFOST, etc., .

Les deux initiatives ont pour objectif commun l'évaluation des modèles à l'échelle de la parcelle agricole.

### **Dans le cadre de l'initiative AgMIP**

Les travaux conduits se limitent à une analyse des résultats produits par les modèles à l'échelle annuelle du cycle cultural Les chercheurs ont testé les performances des modèles simulant trois cultures principales (blé, maïs et riz).

Dans le cadre de l'initiative AgMIP, pour les trois cultures, le protocole de simulation utilisé est composé de deux principales phases :

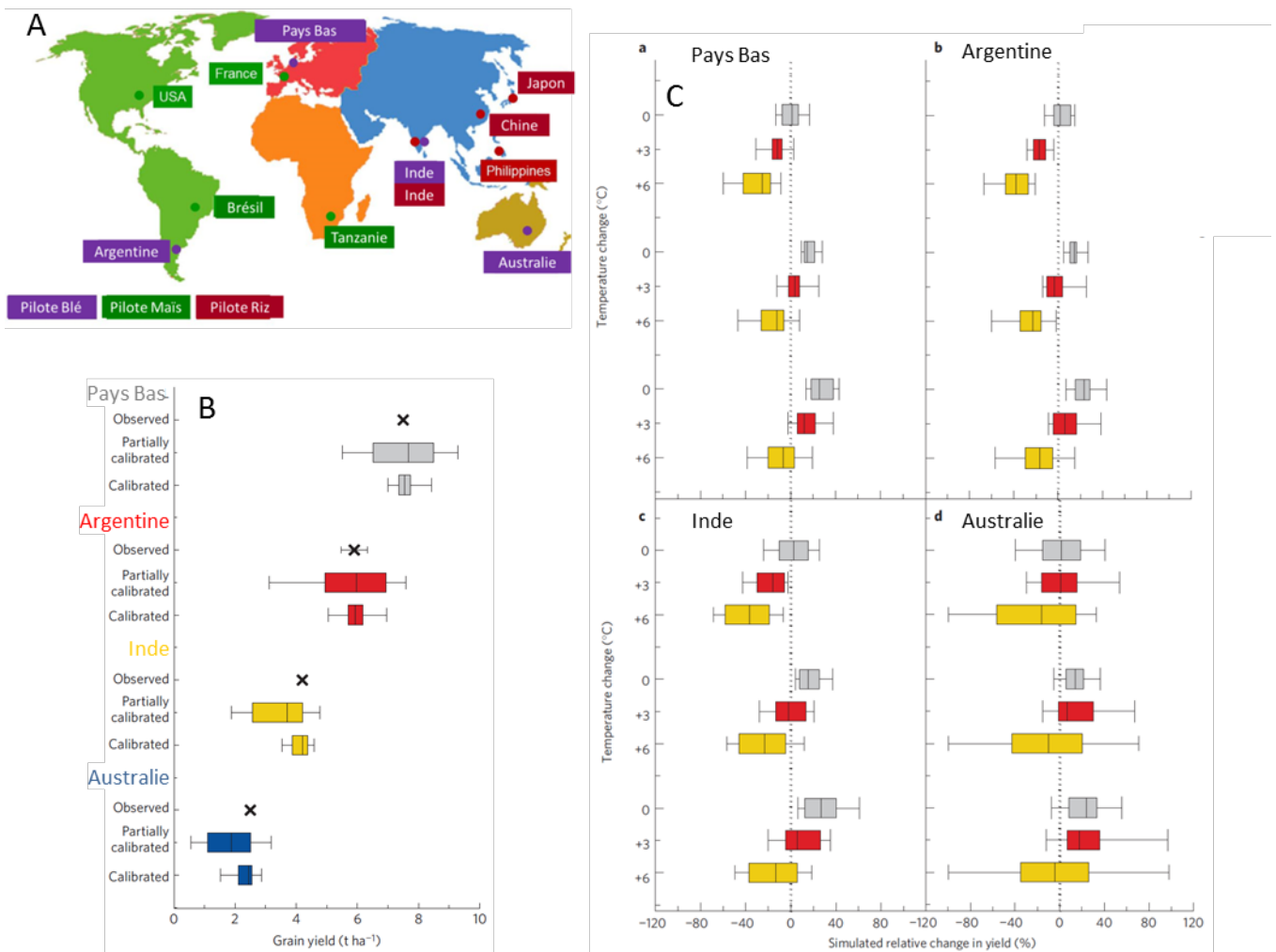
La phase 1, de validation, a pour but de comparer les performances des modèles avec des données expérimentales issues de sites représentatifs dans le monde, couvrant une large gamme de conditions de culture et avant et après une phase de calage des modèles (cf. Figure 1A).

La phase 2, de simulation, est une analyse de sensibilité des modèles à la température et à la concentration du CO<sub>2</sub> sur une série de 30 années (1980-2009) de données climatiques dans laquelle on impose des modifications aux valeurs journalières du climat (exemple : Température - 3, +0, +3, +6 ou +9°C avec gamme de une concentration en CO<sub>2</sub> de 360 - 540 - 720 ppm).

Les deux résultats majeurs de ces travaux concernent (Asseng et al, 2013, Asseng et al, 2014, Bassu et al, 2014, Martre et al, 2014, Tao et al, 2014) :

La possibilité de simuler des résultats expérimentaux, avec un minimum de données initiales et sans phase de calage des modèles, dès lors que plusieurs modèles sont sollicités ensemble « *ensemble modelling* » (cf. Figure 1B). La prévision de rendement du multi-modèle (médiane des prédictions individuelles des modèles) réduit significativement l'erreur de prédiction l'erreur comparée aux prédictions individuelles des modèles. (cf. Figure 2B)

La proportion la plus grande de l'incertitude dans les projections simulées de l'impact de changement climatique est dépendante des différences des formalismes pour décrire les effets de la température et du gaz carbonique et des valeurs associées de paramètres dans les modèles (cf. Figure 1C).



**Figure 1 : Quelques résultats du pilote « Blé » de l'initiative AgMIP. Les données sont issues de l'article Asseng et al. (2013). Des résultats comparables sont obtenus pour les pilotes « maïs » et « riz ».**

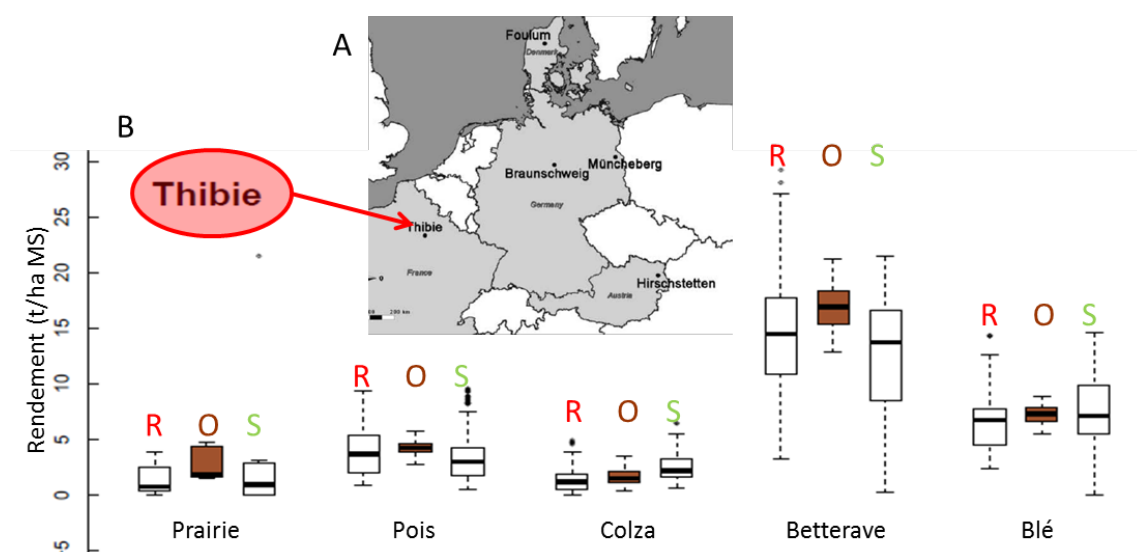
Les travaux d'inter-comparaison se poursuivent autour de l'exploitation des données acquises sur des expérimentations factorielles déjà publiées dans le monde et permettant d'approfondir principalement les effets simples et combinés de la température et du gaz. La base simulée de données de l'exercice d'inter-

comparaison sur le blé fait l'objet d'une publication en cours pour la revue *Open Data Journal for Agricultural Research* (Asseng et al, 2015, en cours de publication). Une méta-analyse des données simulées a aussi été réalisée (Makowski et al, 2015, en cours de publication).

### Dans le cadre de MACSUR, l'initiative CropM

L'initiative CropM comprend deux dimensions supplémentaires d'évaluation des modèles en incluant (1) une gamme plus large de cultures testées et (2) une dimension pluriannuelle de modélisation des rotations. Cinq rotations pluriannuelles (de 6 à 11 années) ont été simulées sur la base d'observations expérimentales réalisées sur des dispositifs en Allemagne, Autriche, Danemark et France (cf. Figure 2A).

Quatorze modèles ont été inter comparés dans cet exercice. Les objectifs sont (1) d'évaluer les performances des modèles pour simuler des rotations complexes avec un minimum de calibration, (2) de vérifier la capacité des modèles à simuler un panel large de cultures et de pratiques culturales associées et (3) vérifier les performances de simulations continues d'une rotation par rapport à des résultats comparables sur des simulations uniques d'un cycle de culture. Dans une approche similaire « *ensemble modelling* », il a été montré que la simulation continue de rotations des cultures sur plusieurs années conduit à une estimation comparable voire légèrement améliorée des rendements des cultures comparativement aux simulations des rendements sur chaque année de culture (cf. Figure 2B). Une publication est en cours de rédaction pour la revue *European Journal of Agronomy* vient d'être déposée (Kollas et al, 2015). Elle inclut aussi l'analyse de l'impact de l'effet de l'augmentation du CO<sub>2</sub> et de modifications de pratiques en matière de fertilisation et d'irrigation.



**Figure 2 : Comparaison de données observées de rendement (O) avec les données calculées de rendement pour 15 modèles et selon deux options de calcul (1) R calage et validation du modèle sur la totalité de la rotation, (2) S calage et validation du modèle sur chaque culture de la rotation sur le site français de Thibie. Des résultats comparables ont été obtenus sur les autres sites. Les données sont issues de l'article Kollas et al. (2015).**

Les équipes INRA ont contribué aussi à un protocole d'étude de l'impact du changement de température et précipitation sur les modèles de cultures (exercice comparable à la phase 2 de l'initiative AgMIP décrite ci-dessus). Le protocole concerne la culture du blé de printemps et utilise des données expérimentales de 3 sites (Finlande, Allemagne et Espagne). Un papier a été soumis fin janvier 2015 à la revue *Climate Research*.

### D'autres initiatives en cours

Les équipes INRA travaillent aussi les conséquences de l'effet du changement d'échelle des données d'entrées des modèles sur l'estimation de rendements régionaux. L'exercice est réalisé dans le cadre de

l'initiative AgMIP. Il utilise un jeu allemand de données provenant du Land Rhin-Westphalie du Nord sur la période 1995-2008. Un premier travail a étudié l'impact de la désagrégation des données climatiques. Un second travail porte sur la désagrégation des données du sol.

STICS est un des modèles intégrés dans la plateforme informatique créée dans le cadre de l'initiative AgMIP. Elle vise principalement à (1) faciliter et sécuriser l'accès aux données partagées, des modèles et les résultats des chercheurs et (2) à faciliter l'utilisation de données par les modèles de la plateforme et l'échange de résultats produits entre les modèles (Porter et al, 2014)

Enfin, les équipes INRA, dans le cadre de l'initiative AgMIP, ont contribué au projet C3MP (*The Coordinated Climate-Crop Modeling Project*, <http://www.agmip.org/c3mp/>). Il s'agit d'un exercice partagé de modélisation distribuée multi-espèce à l'échelle de la planète entière. Chaque participant apporte son ou ses modèles et les simulations qu'il a réalisées selon un protocole prédéfini à l'échelle d'une parcelle agricole.

### **Conclusion**

L'engagement des équipes INRA a apporté à l'organisme une visibilité et une reconnaissance sur le plan international de la communauté des agronomes modélisateurs et fournit les moyens d'une confrontation objective du modèle STICS avec d'autres modèles de culture à la fois sur le plan de l'utilisation du modèle dans des conditions très contrastées mais aussi sur la vérification de la pertinence ou de la robustesse de certains formalismes. Il faut aussi souligner la forte dynamique de publication qui accompagne ces collaborations internationales dans des revues à fort indice d'impact. Enfin d'autres chantiers s'ouvrent. Ainsi, dans le cadre de l'initiative AgMIP, exercices d'inter-comparaison (1) de la réponse aux maladies et (2) de l'estimation des flux d'eau, sont en cours de montage.

Dans le cadre de l'initiative MACSUR 2, les équipes INRA poursuivront leurs travaux d'inter-comparaison de modèles à l'échelle de la rotation. MACSUR 2 vise aussi à introduire plusieurs nouvelles composantes analytiques comme : (1) effets à long terme de gestion carbone/azote, (2) inter-comparaison de nouveaux modèles spécifiques (vigne, miscanthus).

### **Bibliographie**

- Asseng S et al. Uncertainty in simulating wheat yields under climate change. *Nature Climate Change* (2013), doi:10.1038/nclimate1916
- Asseng S et al. Rising temperatures reduce global wheat production *Nature Climate Change* (2014), doi:101038/nclimate2470
- Asseng S et al. Benchmark data set for wheat growth models: field experiments and AgMIP multi-model simulations. *Open Data Journal for Agricultural Research* (2015), in press
- Bassu S et al. How do various maize crop models vary in their responses to climate change factors? *Global Change Biology* (2014), doi: 101111/gcb12520
- Kollas C et al. Improvement of yield predictions by continuous simulation of crop rotations – a multi-model ensemble approach crop rotation modelling – a European model intercomparison. *Soumis à la revue European Journal of Agronomy* (2015)
- Li et al. Uncertainties in predicting rice yield by current crop models under a wide range of climatic conditions *Global Change Biology* (2014), doi: 101111/gcb12758
- Martre P et al. Multimodel ensembles of wheat growth: many models are better than one *Global Change Biology* (2014), doi: 101111/gcb12768
- Makowski et al. A statistical analysis of ensembles of crop model responses to climate change factors *En cours de publication pour la revue Agricultural Forest Meteorology* (2015)
- Pirttioja N et al. A crop model ensemble analysis of temperature and precipitation effects on wheat yield across a European transect using impact response surfaces. *Soumis à la revue Climate Research* (2015)
- Porter et al. Harmonization and translation of crop modeling data to ensure interoperability (2014), *Environmental Modelling & Software*, doi:101016/jenvsoft201409004