

## MultiSimLib / OptimiSTICS : DES OUTILS LOGICIELS POUR LE MODELE STICS

S. Buis<sup>1\*</sup>, P. Lecharpentier<sup>1</sup>, J-E. Bergez<sup>2</sup>, J. Bourges<sup>1</sup>, P. Clastre<sup>1</sup>, M. Guérif<sup>1</sup>, E. Justes<sup>2</sup>, M. Launay<sup>3</sup>, J. Soudais<sup>2</sup>, D. Wallach<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INRA, UMR INRA-UAPV 1114 Environnement Méditerranéen et Modélisation des Agro-Hydrosystèmes, Domaine Saint-Paul, Site Agroparc, F-84914 Avignon, France

<sup>2</sup> INRA, UMR INRA-ENSAT 1248 AGIR, BP 52627, 31326 Castanet-Tolosan Cedex, France

<sup>3</sup> INRA, AgroClim, Domaine St Paul, Site AgroParc, 84914 Avignon Cedex, France

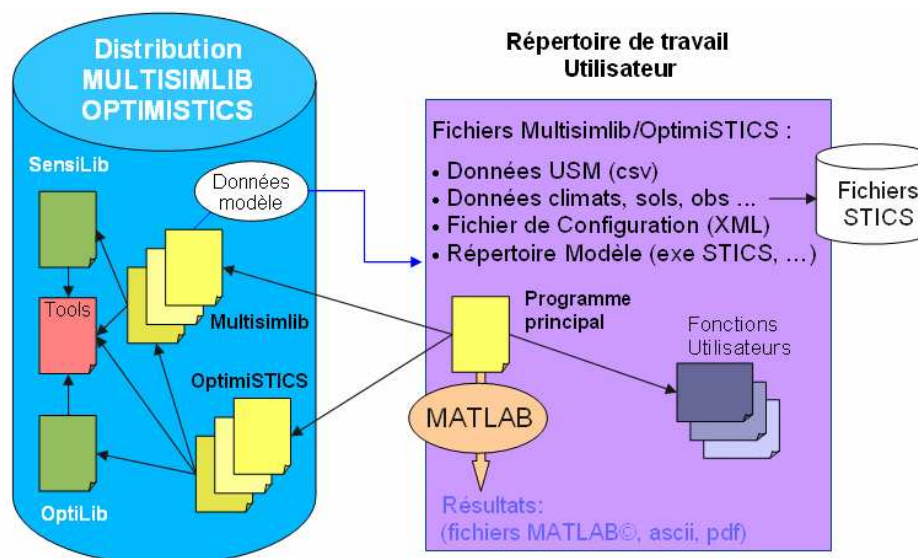
\*Auteur correspondant : [Samuel.Buis@avignon.inra.fr](mailto:Samuel.Buis@avignon.inra.fr)

### Introduction

Etant donné la complexité des modèles de culture et de leur application sur des cas réels, il est particulièrement important d'avoir à disposition des outils logiciels pour faciliter leur mise en œuvre, estimer leur paramètres, analyser leur comportement et évaluer leurs résultats. Par ailleurs, le choix des méthodes mathématiques et/ou des hypothèses nécessaires pour réaliser certaines de ces opérations est une étape délicate qui mérite souvent de comparer différentes approches et donc d'avoir des outils qui le permettent. Jusque là, peu d'outils étaient disponibles pour réaliser aisément ces opérations pour le modèle STICS. Pour combler ce manque, l'UMR EMMAH, en collaboration avec l'UMR AGIR et l'unité Agroclim, a développé les bibliothèques MultiSimLib et OptimiSTICS. Nous présenterons ici leur fonctionnement général et leurs fonctionnalités principales.

### Principe et fonctionnement général

MultiSimLib et OptimiSTICS sont des bibliothèques de fonctions MATLAB® qui permettent de piloter le modèle STICS et d'exploiter ses résultats et qui sont interfacées avec des bibliothèques d'estimation de paramètres et d'analyse de sensibilité. L'architecture et le fonctionnement des bibliothèques sont illustrés par la figure 1.



**Figure 1** : Architecture et principe de fonctionnement des bibliothèques MultiSimLib et OptimiSTICS.

Le package est constitué de différentes bibliothèques. Les bibliothèques SensiLib et OptiLib contiennent des fonctions d'analyse de sensibilité et d'estimation de paramètres. Elles sont indépendantes de STICS et peuvent donc être utilisées sur d'autres modèles interfacés avec MATLAB®. La bibliothèque MultiSimLib contient des fonctions permettant de piloter le modèle STICS et de récupérer ses résultats sous MATLAB®. Elle permet notamment de réaliser des ensembles de simulations du modèle et des analyses d'incertitude et de sensibilité grâce à son interfacement avec SensiLib. OptimiSTICS est la bibliothèque qui permet de réaliser l'estimation de paramètres et l'évaluation du modèle à partir d'observations. Elle s'appuie pour cela sur MultiSimLib et OptiLib.

L'utilisation des fonctionnalités logicielles, qui sont détaillées dans la section suivante, repose sur l'exécution sous Matlab de programmes principaux proposés dans les bibliothèques. L'utilisateur peut également composer ses propres programmes principaux à partir des fonctions outils des différentes bibliothèques. Dans tous les cas, l'utilisateur doit créer une série de fichiers d'entrées qui décrivent notamment les USM à simuler, les liens vers les fichiers d'entrées de STICS correspondants et les options des différentes

méthodes utilisées. Les résultats sont fournis sous forme de fichiers de données au format MATLAB® et csv et de graphiques au format pdf.

### Fonctionnalités principales

Multisimulation : La bibliothèque MultiSimLib permet de lancer l'exécution de STICS sur une série d'USM et de récupérer les résultats sous forme de fichiers STICS et/ou de matrice de données sous MATLAB® (pour une sélection de variables/dates définies par l'utilisateur pour l'ensemble des USM).

Analyse d'incertitude : La bibliothèque MultiSimLib permet de réaliser un tirage aléatoire (de type hypercube latin ou Quasi-Random) ou un plan factoriel complet pour des lois de distribution et/ou des listes de valeurs de paramètres définis par l'utilisateur, réaliser les simulations correspondantes et récupérer les résultats correspondants pour une sélection de variables/dates.

Analyse de sensibilité globale : La bibliothèque MultiSimLib permet de calculer les indices de sensibilité principaux et totaux d'une sélection de variables/dates par rapport à une sélection de paramètres d'entrées avec la méthode EFAST (Saltelli and Bolado, 1998). D'autres méthodes d'analyse de sensibilité (Morris, Sobol',...) peuvent également être accessibles via un interfaçage avec la bibliothèque SimLab (<http://simlab.jrc.ec.europa.eu/>).

Estimation de paramètres : L'estimation de paramètres avec la bibliothèque OptimiSTICS peut être organisée en différentes étapes successives définies par l'utilisateur (listes des paramètres à estimer, des variables observées et USM à utiliser, ...) et qui sont réalisées automatiquement. L'avantage de cette approche par étapes est de diminuer le nombre de paramètres à estimer simultanément. Le principe est d'estimer chaque jeu de paramètres à partir des observations qui l'affectent fortement. La bibliothèque permet d'utiliser les forçages du LAI et/ou de stades phénologiques aux étapes souhaitées afin de désactiver l'effet de certains groupes de paramètres dans le modèle. La bibliothèque permet également de définir des groupes d'USM pour lesquels les valeurs estimées de paramètres choisis peuvent potentiellement être différentes. Cela permet notamment d'estimer simultanément des paramètres variétaux et spécifiques à partir d'un jeu d'observation correspondant à plusieurs variétés d'une même espèce. L'estimation des paramètres d'un modèle repose sur des hypothèses concernant les erreurs du modèle qui dépendent du problème que l'on traite et en particulier des observations disponibles. Le logiciel propose différentes options concernant ce modèle d'erreur (erreurs indépendantes ou corrélées entre dates par type de variable et USM, transformation logarithmique des données, écart-types d'erreur spécifiés par l'utilisateur ou calculés automatiquement). Deux méthodes d'estimation de paramètres sont disponibles : une méthode de type fréquentiste (minimisation d'un critère de moindres carrés avec l'algorithme du simplexe (Nelder and Meade 1964)) avec répétition automatique de la méthode pour différents jeux de valeurs initiales des paramètres, et une méthode de type bayésienne (Sampling Importance Resampling (Liu 2001)) qui permet le calcul approché des distributions a posteriori des paramètres estimés à partir d'informations a priori fixées par l'utilisateur (uniquement de type uniforme pour l'instant). Dans les deux cas, la bibliothèque fournit des graphiques d'aide au diagnostic des résultats : convergence des paramètres et valeurs estimées en fonction des valeurs initiales pour les différentes répétitions dans le cas fréquentiste ; tracé des distributions a priori et a posteriori des paramètres et de variables/dates sélectionnées par l'utilisateur dans le cas bayésien.

Evaluation du modèle : La bibliothèque OptimiSTICS permet de comparer (avant ou après estimation des paramètres) les sorties du modèle avec les observations correspondantes sur une série d'USM spécifiées :

- calcul de statistiques (efficacité, erreur quadratique moyenne, régression linéaire, ...)
- tracé de graphiques : profils dynamiques des variables avec les observations et leurs barres d'erreur pour chaque USM ; données simulées en fonction des données observées ; résidus en fonction des données observées.

### Conclusion

Ce package logiciel est utilisé pour diverses applications au sein des unités EMMAH, AGIR et Agroclim. Il fonctionne avec les différentes versions de STICS à partir de la version 5.2 et sur les systèmes UNIX/Linux/Windows. Il est envisagé à moyen terme d'inclure les fonctionnalités de la bibliothèque MultiSimLib dans la bibliothèque OptimiSTICS afin d'uniformiser l'utilisation des différents programmes principaux et la documentation.

### Références bibliographiques

- Wallach D., Buis S., Lecharpentier P., Bourges J., Clastre P., Launay M., Bergez J.-E., Guérif M., Soudais J., and Justes, E. A package of parameter estimation methods and implementation for the STICS crop-soil model, soumis à *Environmental Modelling & Software*.
- Liu, J. S. (2001). Monte Carlo Strategies in Scientific Computing. *New York: Springer*.
- Nelder, J. A. and R. Mead (1964). A simplex method for function minimization. *The Computer Journal*, 7: 308-313
- Saltelli, A. and R. Bolado (1998). An alternative way to compute Fourier amplitude sensitivity test (FAST). *Computational Statistics & Data Analysis*, 26(4) : 445-460