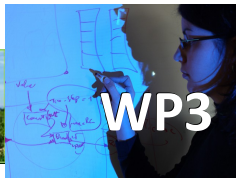


# Présentation du modèle PHENO

H.Raynal E.Casellas

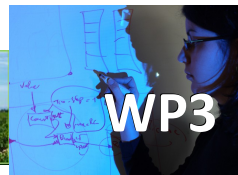
en collaboration avec

Iñaki Garcia de Cortazar-Atauri, Isabelle Chuine, Gallian Colombeau  
Dominique Ripoche, Hendric Davi, Christian Fournier



# Éléments de contexte

- **Un des objectifs du WP3** : développement d'**outils informatiques génériques** pour l'étude de la phénologie
- **L'existant** :
  - les travaux réalisés par Isabelle Chuine et qui ont donné lieu à la **plate-forme de modélisation de la phénologie PMP** (CEFE – CNRS Montpellier)
  - Les **plates-formes de modélisation et de simulation informatiques** utilisés comme support de modélisation à l'INRA et utilisatrices de modules de phénologie :
    - **RECORD** (agroécosystème)
    - **CAPIS** (forêt)
    - **OpenAlea** (plante)



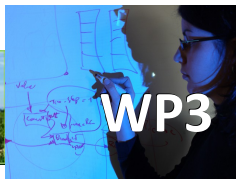
*Présentation du modèle PHENO*

*H.Raynal, E.Casellas*

*Journée de Restitution de l'activité 2013 – 2014 du projet PERPHECLIM*

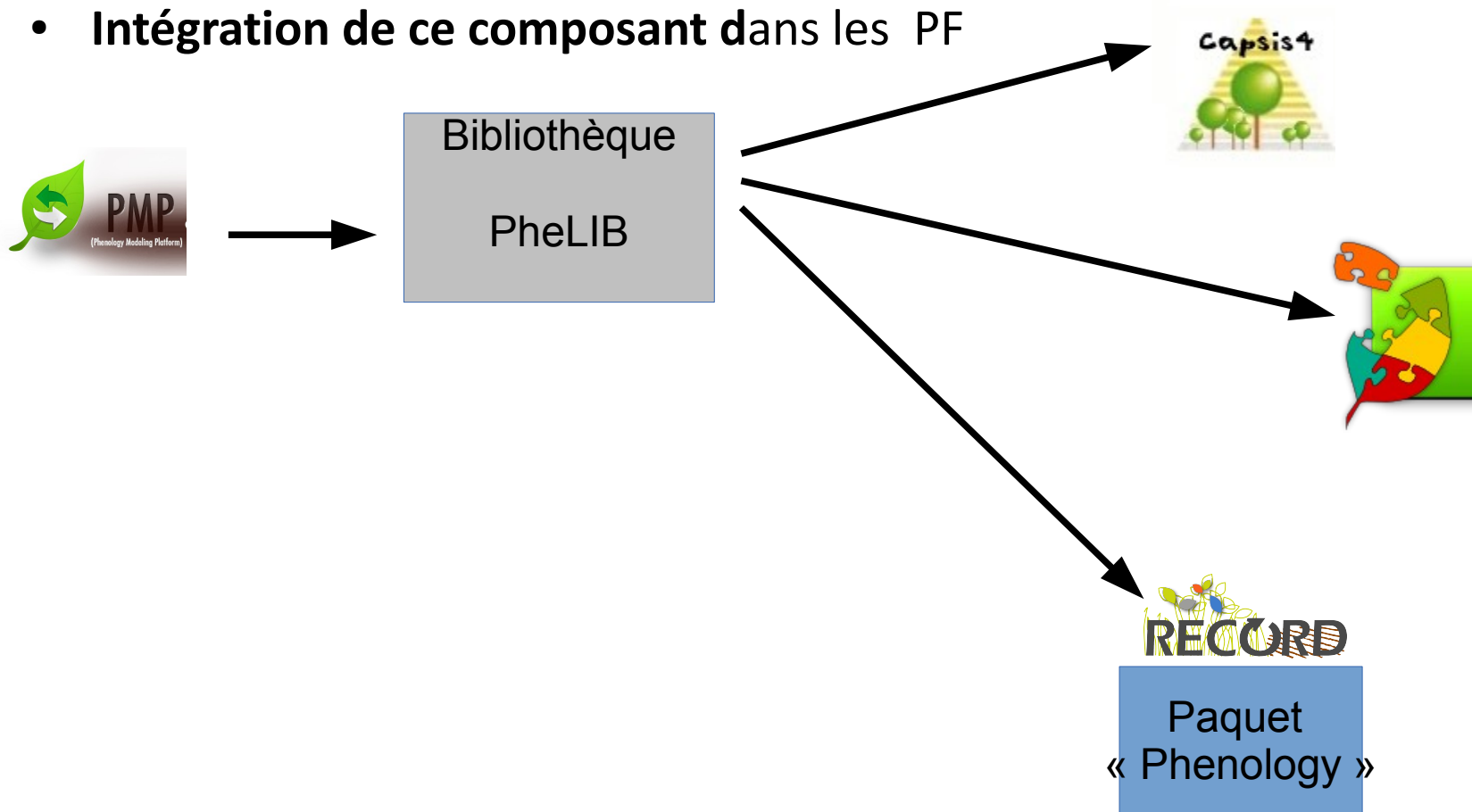
# Contexte

- **Motivations à ce travail**
  - **Important de modéliser/simuler le plus finement possible la dynamique de phénologie** en particulier dans les travaux liés à l'impact du changement climatique
  - Dans les PF de M&S actuellement **la phénologie est modélisée de manière relativement simpliste** (ex somme de température et effet seuil). Comment améliorer cette modélisation en bénéficiant des avancées apportées par PMP ?
  - **Modélisation phénologie : concepts génériques** applicables aux espèces étudiées par ces différentes PF
  - « **Surmonter** » les **verrous informatiques** (conception architecture logicielle différentes entre les 4 outils et langages différents Delphi, C++, Java, Python)



# Objectifs

- A partir de PMP **développer un composant informatique générique** dans lequel seront intégrées les fonctionnalités de modélisation et simulation informatique apportés par PMP
- **Intégration de ce composant dans les PF**



*Présentation du modèle PHENO*

*H.Raynal, E.Casellas*

*Journée de Restitution de l'activité 2013 – 2014 du projet PERPHECLIM*

# Le projet informatique associé

## Déroulement

- Étude d'opportunité
- Analyse des outils existants
- Conception de la solution logicielle (architecture, langage ...) du composant générique
- Développement informatique
- Validation
- Ajout de fonctionnalités
- Intégration dans RECORD (conception et dévpt du paquet VLE : )
- Documentation

## Moyens

- Personnes impliquées :
  - pilotes scientifiques : Iñaki Garcia de Cortazar-Atauri, Isabelle Chuine
  - pilotes informatiques : Hélène Raynal, Eric Casellas, Dominique Ripoche
  - Stagiaire qui a assuré le dévpt informatique : Gallian Colombeau
  - Représentants des autres PF Hendric Davi, François de Coligny Christian Fournier, Christophe Pradal
- Stage de 6 mois financés par PERPHECLIM
- Réunions de travail (4 depuis le début du projet)



*Présentation du modèle PHENO*

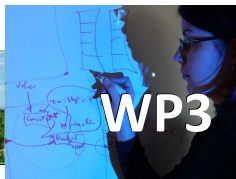
*H. Raynal, E. Casellas*

*Journée de Restitution de l'activité 2013 – 2014 du projet PERPHECLIM*

# Etude d'opportunité

Intérêts exprimés par les resp. des PF

- **CAPSIS** (par l'intermédiaire de Hendrik Davi)
  - intérêt de disposer d'une librairie indépendante de modules de phéno.  
Pouvoir distinguer par stade
  - étudier des questions diverses comme par exemple l'adaptation des arbres au CC (plasticité ou déplacement ou adaptation génétique)
- **OpenAlea** (Christian Fournier)
  - intérêt de disposer d'une librairie indépendante de modules de phéno
  - Intérêt pour partager le côté algorithmique (ajustement des paramètres en ft de données d'observation)
- **RECORD** (Hélène Raynal)
  - Modèles de phéno disponibles dans la PF sont très « basiques »
  - potentiellement limitants dans certains projets de modélisation comme le CC, conception d'idéotypes, protection intégrée, cultures associées ...



# Analyse des outils existants

- **PMP**
  - Phenology Modelling Platform
  - CEFE – CNRS – Isabelle Chuine
  - Modélisation et simulation de la phénologie
  - Fonctionnalités :
    - Simulation de la phénologie (série climatique en entrée)
    - Optimisation (paramétrer un modèle de phénologie sur la base d'observations)
    - Interface graphique
  - Delphi
- **RECORD**
  - Renovation et Coordination des modèles d'AES
  - INRA – PF transversale EA MIA PHASE SAD SAE2
  - Modélisation et simulation des agroécosystèmes
  - Fonctionnalités :
    - Construction de modèles (bibliothèque de modèles)
    - Simulation
    - Exploration et plan d'expérience
  - Logiciel VLE – C++ - GPL



*Présentation du modèle PHENO*

*H.Raynal, E.Casellas*

*Journée de Restitution de l'activité 2013 – 2014 du projet PERPHECLIM*

# La solution logicielle pour le composant générique utilisable dans un contexte de simulation

- Basée sur une architecture faisant intervenir :
  - Une **collection de fonctions mathématiques** ( fonctions héritant d'une même classe C++)
  - Un **méta-modèle** (classe C++ )
- **Attention** : dans le travail présenté ici, on n'a pas traité le cas d'ajustement du modèle de phénologie à des données observées. (optimisation)

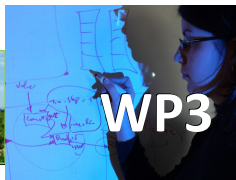




# La solution logicielle pour le composant générique utilisable dans un contexte de simulation : La collection de fonctions mathématiques

- Issu de PMP + recensement bibliographique des fonctions utilisées pour représenter la dynamique de phénologie
- Actuellement **80 fonctions**
- Collection extensible
- Ecriture des fonctions en C++

Alternating.hpp	GDDInverse.hpp	NorthCaroline.hpp	TriangularInverse.hpp
Analytis.hpp	GDH.hpp	Photos.hpp	Unimodal.hpp
AntiChillDay.hpp	GenericUtah.hpp	Plateau.hpp	UnimodalFixed.hpp
BidabeCold.hpp	HilbertLogan.hpp	PlateauSquare.hpp	Utah.hpp
BidabeHot.hpp	Identity.hpp	Polynomial3.hpp	Vegetative.hpp
BiologicalDays.hpp	JanischModified.hpp	PositiveChill.hpp	Vernalisation.hpp
Briere1.hpp	Kontodimas.hpp	Pouget.hpp	Wagner.hpp
Briere2.hpp	Lactin1.hpp	ProgressiveUtah.hpp	Weinberger.hpp
ChillDay.hpp	Lactin2.hpp	Richardson.hpp	White.hpp
ChillHours.hpp	Lamb.hpp	RichardsonInverse.hpp	Zalom.hpp
CropSyst.hpp	Landsberg.hpp	Sigmoid.hpp	
CUAlternating.hpp	Liu.hpp	SigmoidNegative.hpp	
CUSequential.hpp	Logan6.hpp	SmoothedUtah.hpp	
Delpierre.hpp	Logan10.hpp	Stick.hpp	
Dormphot.hpp	LoganExpTb.hpp	STICSGermination.hpp	
Enzymatic.hpp	LoganLinear.hpp	Stinner.hpp	
Erez.hpp	LoganModified.hpp	StinnerEmergence.hpp	
FourPhases.hpp	LoganOne.hpp	Taylor.hpp	
Fruit.hpp	LoganTb.hpp	TempHour.hpp	
FruitMatFirst.hpp	LowChilling.hpp	TempHourShark.hpp	
FruitMatSecond.hpp	MaloExpSine.hpp	ThresholdInf.hpp	
FUSequential.hpp	MaloExpSineModified.l	ThresholdSup.hpp	
GDD.hpp	NegativeExp.hpp	Triangular.hpp	



# La solution logicielle pour le composant générique utilisable dans un contexte de simulation : Exemples de fonctions mathématiques

## Extrait de la documentation en ligne de PMP

### GDD

This function was first proposed by de Reaumur (1735) and has been so far the mostly used function to describe the phenology of species. It is linear above parameter  $T_b$  and null below:

$$f_{GDD}(T_d) = \text{Max}(0; T_d - T_b) \quad (18)$$

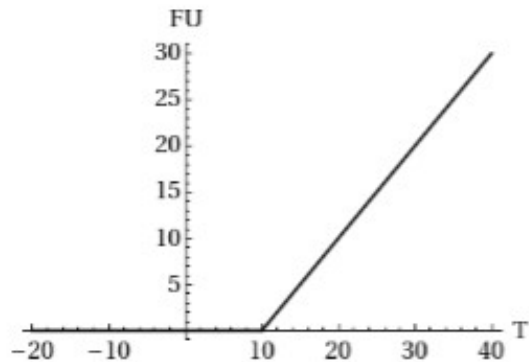


Figure 5. Function  $f_{GDD}$  with  $Q_b=10$ .

### Richardson

This function was first introduced by Richardson et al. (1974). This is a modified version of the GDD function with a plateau above the threshold parameter  $T_{high}$ :

$$f_{Richardson}(T_d) = \text{Max}(\text{Min}(T_d - T_{low}, T_{high} - T_{low}), 0) \quad (31)$$

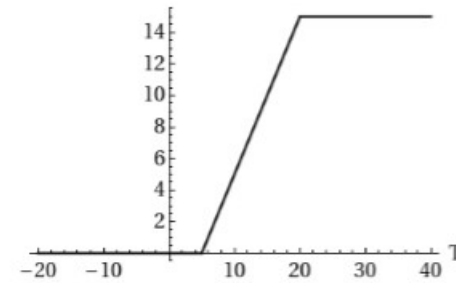
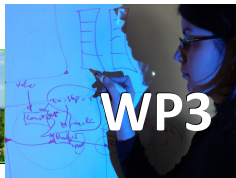


Figure 10. Function  $f_{Richardson}$  with  $T_{high}=20$ ,  $T_{low}=5$ .

## Le méta-modèle

- **Décrit les différentes phases de phénologie :**
  - date de début et date de fin
  - les fonctions mathématiques (et éventuellement leurs compositions) pour représenter la dynamique phénologique. (la fonction de réponse)
  - Les valeurs des paramètres associés ces fonctions
- **Décrit le mode d'enchaînement de ces différentes phases**
- Le méta-modèle a été conçu **générique**, il est **paramétré au démarrage de la simulation à partir du fichier issu de PMP** qui est écrit dans le langage XML.
- **Principe du workflow**
  - On récupère le fichier du modèle *MonModele.xml* après l'étape de définition puis d'ajustement aux données dans l'outil PMP.
  - On met *MonModele.xml* comme une donnée d'entrée du Meta-Modèle du composant générique



# La solution logicielle pour le composant générique utilisable dans un contexte de simulation : Exemple d'enchaînement de phase

Exemple de modèle « Model\_complex » développé dans PMP et qui pourra être une donnée d'entrée du composant générique (fourni en exemple)

À gauche : visualisation dans l'interface PMP

A droite : fichier XML correspondant

Model Development

..... [Add / Remove a Phase]

Phase [1] Bidabe

Phase [2] Alternating Negative Exponential

Phase [3] Sequential Sigmoid Chuine

Phase [4] Sequential Wang Sigmoid

```
<?xml version="1.0"?><Model name="Complex Model">
<Phases>

<Phase phenoDataColumn="-1" usedToFit="False" id="0"><T0
photomode="0" t0DataColumn="-1" value="-122"
mode="2"/><TempSamplingFunc value=""/><SStar
value="471.773" fixed="True"/><PhaseLinkMode value="0"/>
<OverlapFunction name="Negative Exponential"><Param
name="z" id="0" value="0.00000" fixed="False"/><Param
name="w" id="1" value="0.00000"
fixed="False"/></OverlapFunction><Functions>
<Function name="Bidabe" id="0" weatherDataColumn="0">
<UseDayLengthAsVar value="False"/><VarLinkMode
value="0"/><Weight value="1"/><Param name="q10" id="0"
value="0.91961"
fixed="True"/></Function></Functions></Phase>

<Phase phenoDataColumn="0" usedToFit="True" id="1"><T0
photomode="0" t0DataColumn="-1" value="0"
mode="1"/><TempSamplingFunc value=""/><SStar value="0"
fixed="False"/><PhaseLinkMode value="1"/>
<OverlapFunction name="Negative Exponential"><Param
name="z" id="0" value="-0.20051" fixed="True"/><Param
name="w" id="1" value="967.7571"
fixed="True"/></OverlapFunction><Functions>
<Function name="GDD" id="0" weatherDataColumn="0">
<UseDayLengthAsVar value="False"/><VarLinkMode
value="0"/><Weight value="1"/><Param name="Tb" id="0"
value="5.00000" fixed="True"/></Function>
```

# La solution logicielle pour le composant générique utilisable dans un contexte de simulation :

## Les données nécessaires à la simulation

Numéro de station

Jour de l'année

Année

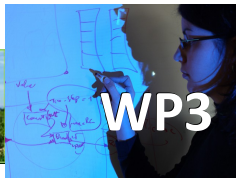
Latitude

Température minimale

Température maximale

Température moyenne

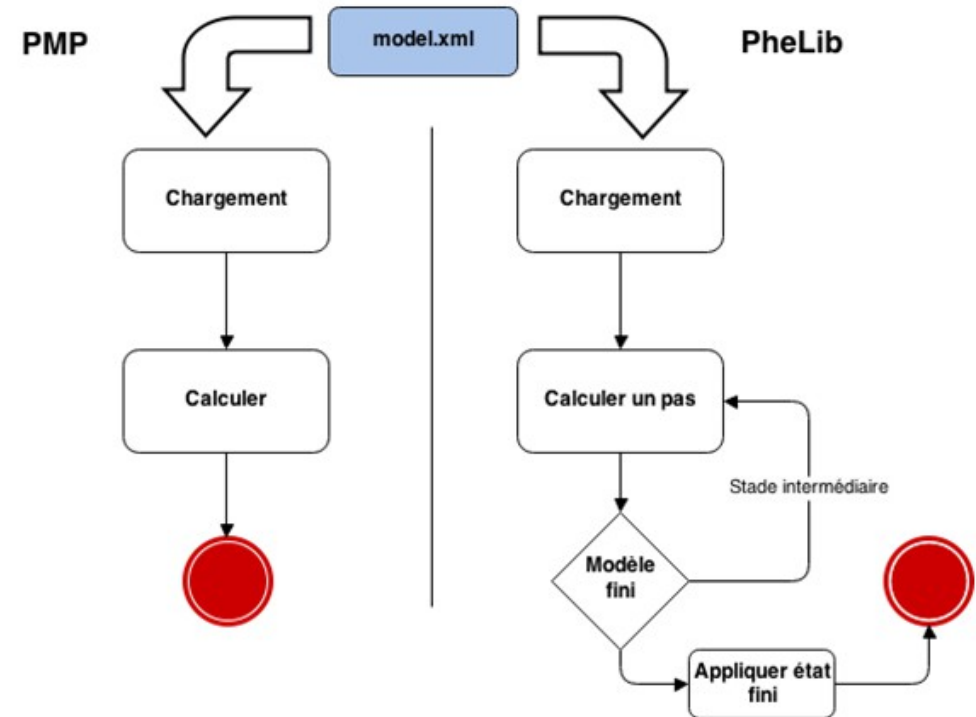
Données supplémentaires fournies par l'utilisateur



# La solution logicielle pour le composant générique utilisable dans un contexte de simulation : Gestion de la dynamique

## Des approches différentes en terme de dynamique temporelle de la simulation

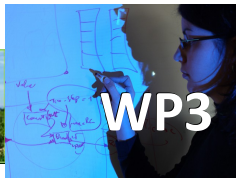
- Une « simulation » PMP :  
calcul complet du modèle
- PF telle que RECORD :  
nécessite le calcul à chaque pas  
de temps de simulation  
← nécessaire en particulier pour le  
couplage avec d'autres modèles .  
Nécessité d'échange d'infos entre  
les différents modèles à chaque  
pas de temps



# La solution logicielle pour le composant générique utilisable dans un contexte de simulation :

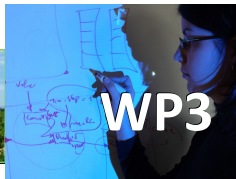
## Gestion de la dynamique

- Pour répondre à la contrainte de généralité du composant PheLib, 3 options sont proposées pour la gestion de la dynamique. Elles répondent aux 3 cas possibles d'utilisation :
  - **Ft « bas niveau »** : mode de calcul pas à pas et pas de gestion de l'accès aux données d'entrée (Ex pour RECORD)
  - **Ft « intermédiaire »** : mode de calcul pas à pas et gestion de l'accès aux données d'entrée
  - **Ft « haut niveau »** : mode de calcul en 1 seule fois



## Exemple d'Intégration dans la PF RECORD :

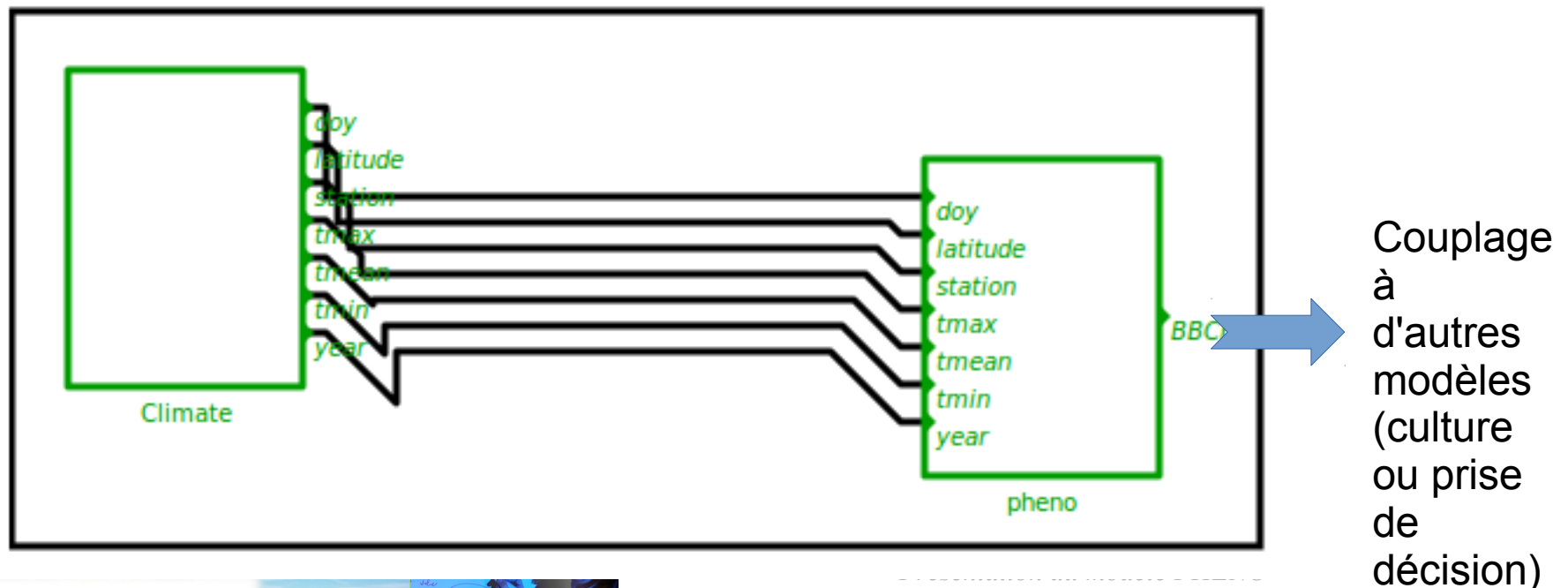
- La bibliothèque PheLIB portée sur RECORD :
  - Fournie sous la forme d'un paquet informatique directement utilisable dans la PF : « **Phenology** »
  - Sa structure : respecte le standard des paquets informatiques VLE (logiciel socle de RECORD)
  - Choix de l'implémenter en utilisant l'extension VLE « EquationsDifférencesMultiples ». Pas de temps=1 jour
  - Appel « journalier » au code de calcul de PheLib





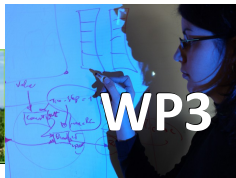
# Intégration dans RECORD

- L'exemple ci-dessous est représentatif de comment peut être utilisé PheLib dans le contexte de RECORD :
- Le modèle est composé de deux sous-modèles
  - Le composant Climate (lecteur de séries climatiques, un des composants de RECORD)
  - Le composant atomique Pheno basé sur PheLIB (calcule le stade phénologique BBCH et peut le fournir à d'autres modèles)

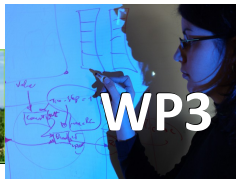


# Suites à donner à ce travail ?

- **On a aujourd'hui un composant générique et un paquet pour RECORD, opérationnels et documentés.** Passer maintenant à l'étape de « rôdage » ?
- **Quelques idées pour poursuivre ce travail sur les 3 axes :**
  - Utilisation de ce travail pour les autres PF Openalea et CAPSIS ?
  - Adaptation de l'interface à différents cas d'étude (en particulier pour RECORD--> grandes cultures)
  - Travail sur l'algorithme d'optimisation (pour calibrer le modèle aux données ) en bénéficiant du lien dynamique à R disponible sous RECORD
- **Stage en 2015**



**Merci de votre attention**



*Présentation du modèle PHENO  
H.Raynal, E.Casellas  
Journée de Restitution de l'activité 2013 – 2014 du projet PERPHECLIM*