

MODÈLE DE CARBONE ORGANIQUE DU SOL & OUTILS DE DIAGNOSTIC CARBONE & GES

Annie DUPARQUE

Chargée de mission
« Sols et Agrosystèmes »



Agro-Transfert
Ressources et Territoires

Fabien FERCHAUD

Ingénieur de recherche
Cycles Biogéochimiques C et N
UMR Eco&Sols

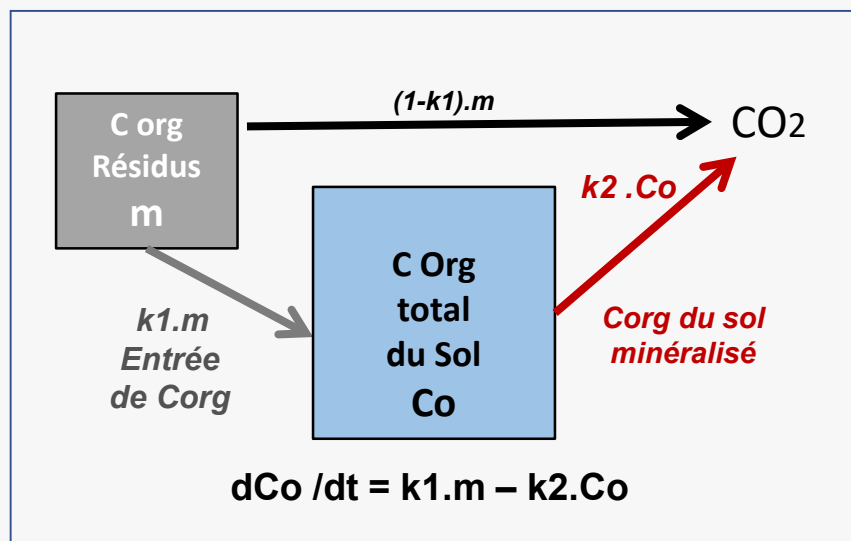


Une collaboration INRAE - AGT-RT sur le long terme

Au commencement était... un modèle simple de calcul de bilan humique

...le premier du genre, le plus ancien aujourd'hui...

Le modèle Hénin-Dupuis (1945)



2 compartiments de Corg : m = Corg frais des résidus

C_o = Corg total du sol

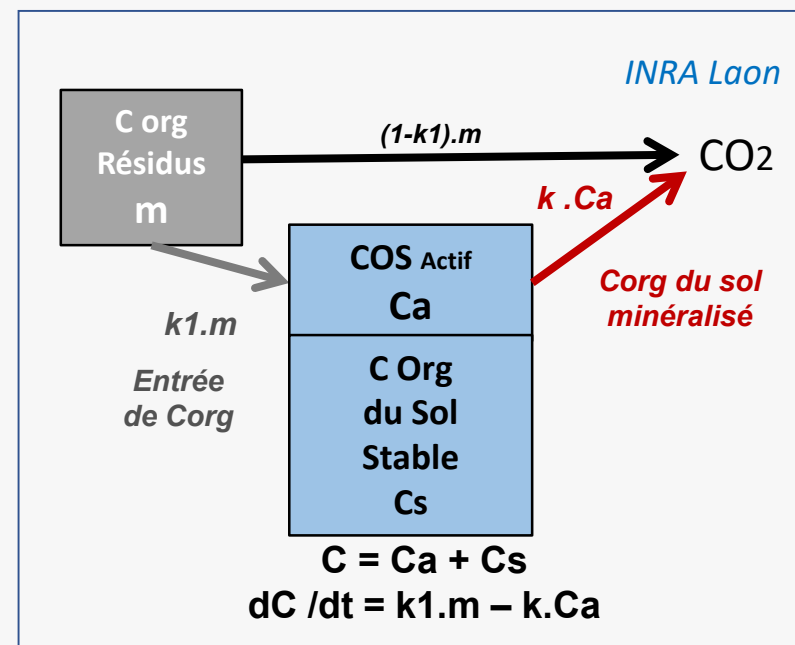
2 paramètres : k_1 = coefficient d'humification

k_2 = coefficient de minéralisation annuel

Pas de temps annuel

...qui engendra,
à la toute fin
du siècle dernier...

Le modèle AMG (Andriulo, Mary, Guérif, 1999)



3 compartiments de Corg : m = Corg frais des résidus

C_a = fraction active du COS ; C_s = Fraction Stable du COS

3 paramètres : k_1 = coefficient d'humification ;

k = coefficient de minéralisation annuelle ;

C_s/C_o = proportion initiale de COS stable

Pas de temps annuel

Agro-Transfert Ressources et Territoires

Le fondement de la démarche



Agro-Transfert
Ressources et Territoires

Modèle AMG
&
Expertise
modélisation
C&N

Equipe de Bruno Mary
INRA de Laon

RECHERCHE

Connaissances
et méthodes
issues de la recherche

AGRO TRANSFERT
Ressources et Territoires

Conduite de projets
pour la mise au point
et l'utilisation d'innovations
et de méthodes d'aide à la
décision

DEVELOPPEMENT
AGRICOLE

Teste et évalue les sorties
Met en œuvre les sorties
Donne les priorités dans le
choix des projets



Projet « **GCEOS** »
Gestion et Conservation
de l'Etat Organique des Sols »
(2004-2011)



Création de l'outil **SimEOS-AMG** (2009)
Diffusion en ligne **dès 2012**

LA DEMANDE
relayée par les chambres d'agriculture de Picardie

Groupe Régional « Sols & MO »



Les préoccupations des agriculteurs

- Les teneurs baissent-elles ?
- Est-ce que c'est grave ?
- Lien avec battance, l'érosion ?
- La bonne teneur, c'est quoi ?
- Comment choisir les amendements organiques ?
- Exporter des pailles pour la vente ?
- Les Techniques Culturelles Sans Labour sont elles conseillées ?

Les pressions extérieures

- Discours catastrophiste lié à la diminution annoncée des teneurs en MO
- Incitation à l'épandage agricole des boues ou composts urbains.
- Lutte contre effet de serre : puits de C ou valorisation énergétique des pailles.

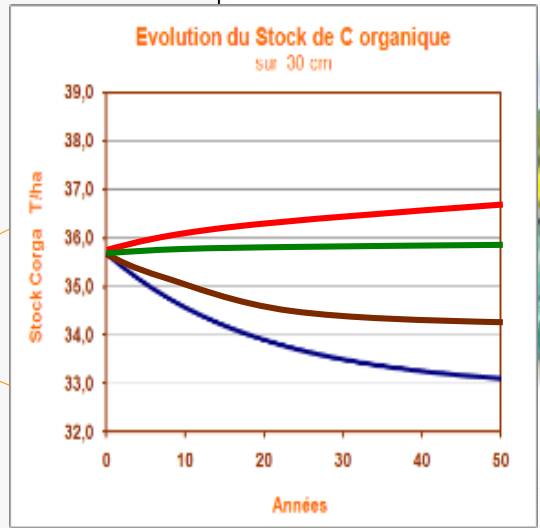
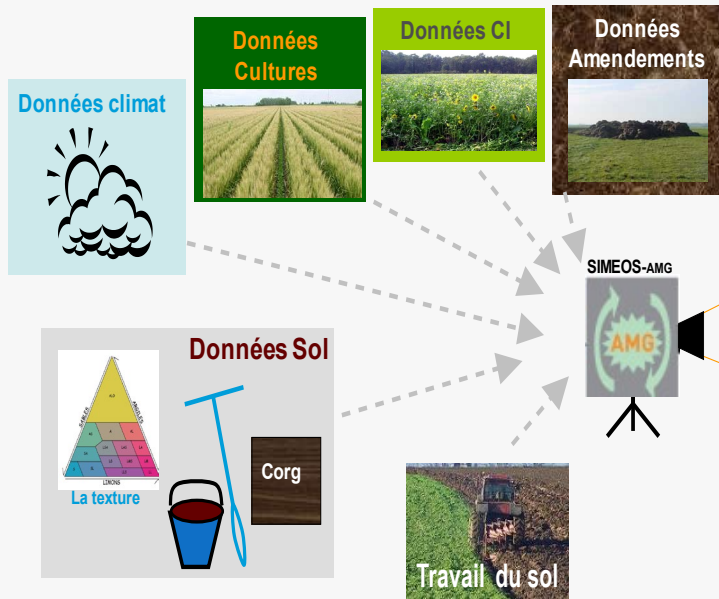


Agro-Transfert
Ressources et Territoires

SIMEOS-AMG : outil de SIMulation de l'Etat Organique des Sols fondé sur le modèle AMG, créé au cours du projet d'Agro-Transfert GCEOS (2004-2010)



SIMEOS AMG www.simeos-amg.org



Outil réalisé par :

AGRO-TRANSFERT

Accès utilisateurs

Identifiant:

Mot de passe:

Connexion

Créer un compte Démo

SIMEOS-AMG est un outil de simulation de l'évolution des teneurs et stocks en C organique du sol fondé sur le modèle AMG. Le modèle AMG est maintenu et amélioré depuis 2012 dans le cadre du Consortium AMG rassemblant INRA, Agro-Transfert RT, Arvalis, le LDAR et avec la collaboration de Terres Inovia depuis 2016.

Contacts : a.duparque@agro-transfert.fr
j.c.muny@agro-transfert.fr
v.tomis@agro-transfert.fr

Documents et liens :

www.agro-transfert.fr

Un OAD dédié au conseil agronomique sur la gestion de la fertilité des sols à long terme

Une diffusion large permise par un accès facilité à l'outil Simeos-AMG, sous licence ou en version « démo » libre. De nombreuses formations.



Parcours de collaboration INRAE – AGT-RT autour d'AMG

Histoires conjointes de développement du modèle et des outils permettant son application à différentes échelles

Modèle
AMG v0

Andriulo et al, 1999

Projet « GCEOS »
(2004-2010)
Création **Simeos-AMG**
(2009)

Modèle
AMG v1

Saffih et Mary, 2008

Simeos-AMG v1.2
(en ligne 2012)

www.simeos-amg.org



Simeos-AMG v1.3
(Janv. 2019)

Modèle
AMG v2

Clivot et al, 2019
Levavasseur et al, 2020

Projet **SoléBiom**
(2015-2018)



Consortium AMG
depuis 2012



- Base d'essais de long terme
- Outil d'évaluation et d'optimisation de paramètres



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Environmental Modelling & Software

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envsoft

Modeling soil organic carbon evolution in long-term arable experiments with AMG model

Hugues Clivot^{a,*}, Jean-Christophe Mouny^b, Annie Duparque^b, Jean-Louis Dinh^b, Pascal Denoroy^c, Sabine Houot^d, Françoise Vertès^e, Robert Trochard^f, Alain Bouthier^g, Stéphanie Sagot^h, Bruno Maryⁿ

Nutr Cycl Agroecosyst
<https://doi.org/10.1007/s10705-020-10065-x>

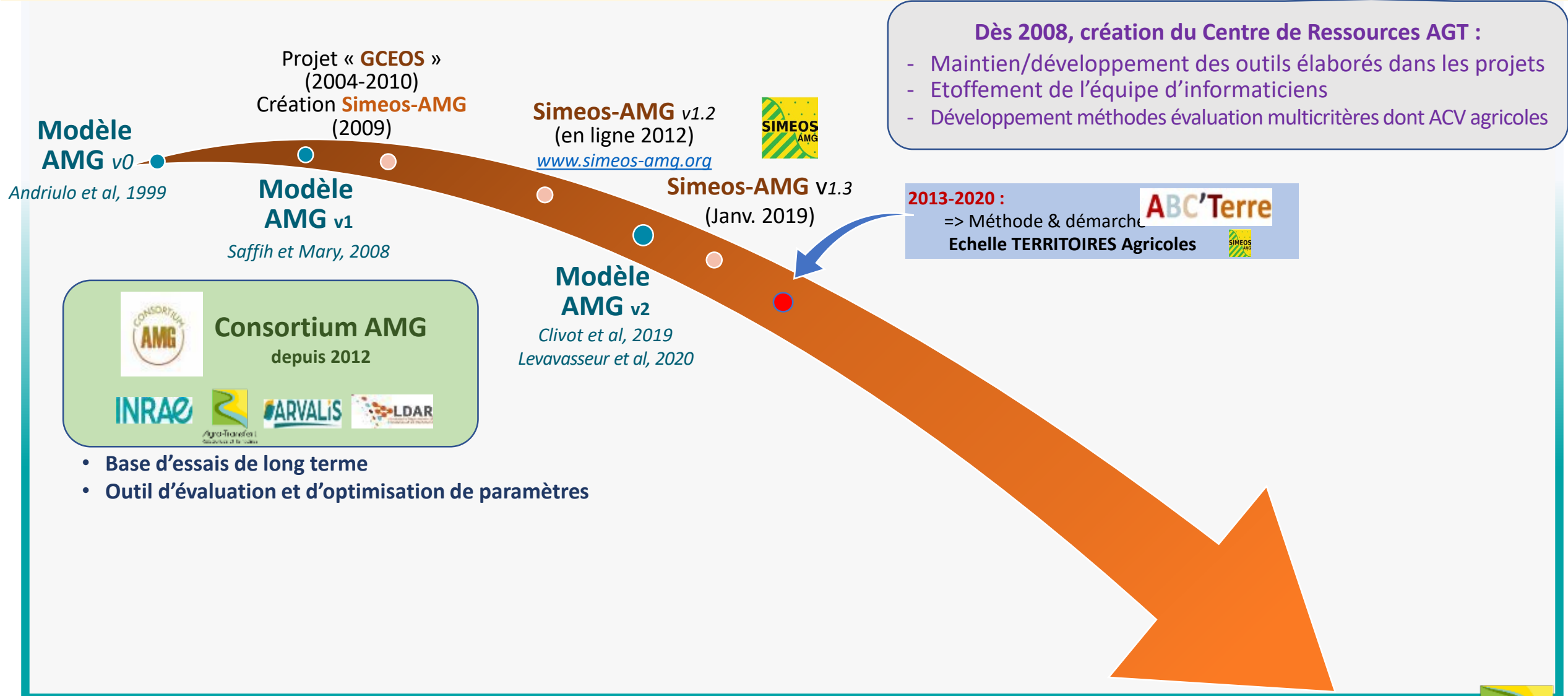
ORIGINAL ARTICLE

The simple AMG model accurately simulates organic carbon storage in soils after repeated application of exogenous organic matter

Florent Levavasseur · Bruno Mary · Bent T. Christensen · Annie Duparque · Fabien Ferchaud · Thomas Kätterer · Hélène Lagrange · Denis Montenach · Camille Resseguier · Sabine Houot

Parcours de collaboration INRAE – AGT-RT autour d'AMG

Histoires conjointes de développement du modèle et des outils permettant son application à différentes échelles

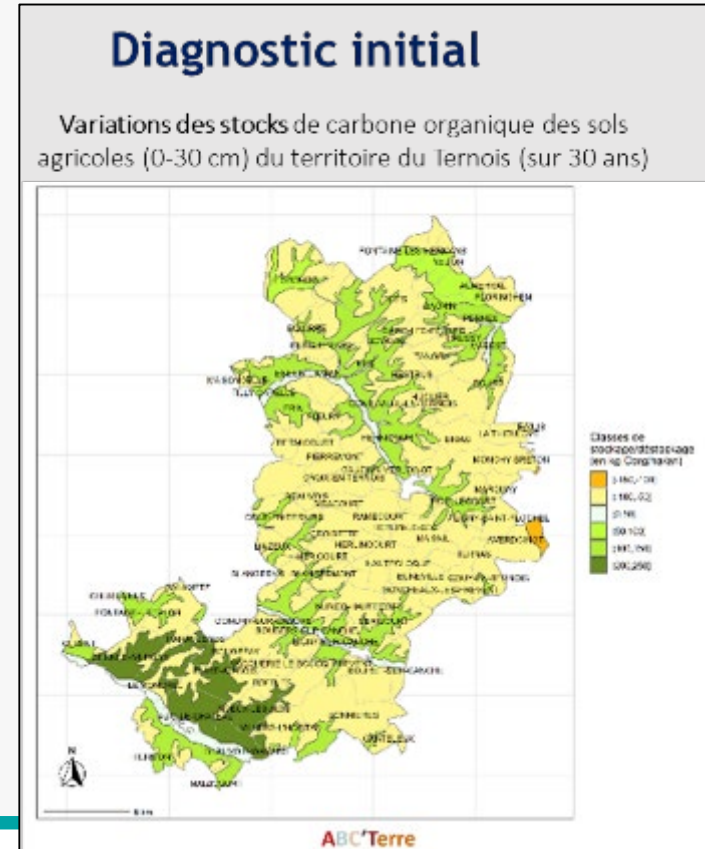
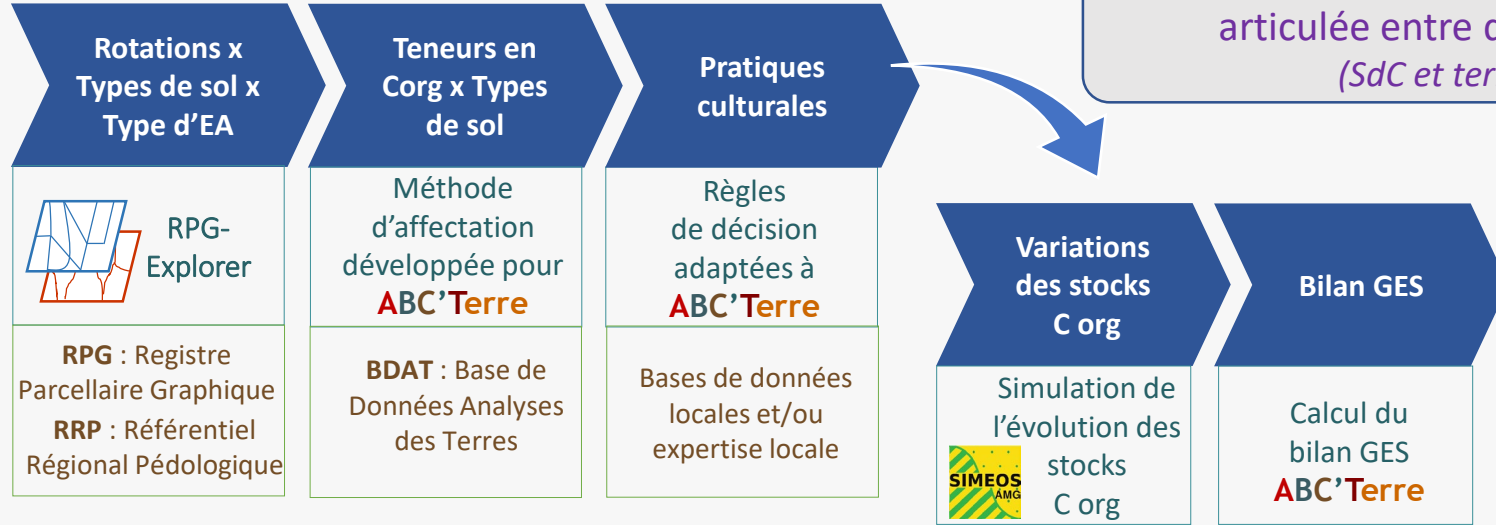
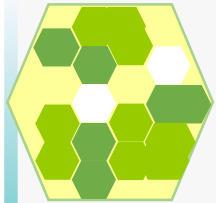


ABC'Terre : Méthode de Diagnostic à l'échelle du territoire



Au service d'une démarche participative articulée entre deux échelles (SdC et territoire)

Échelle territoire



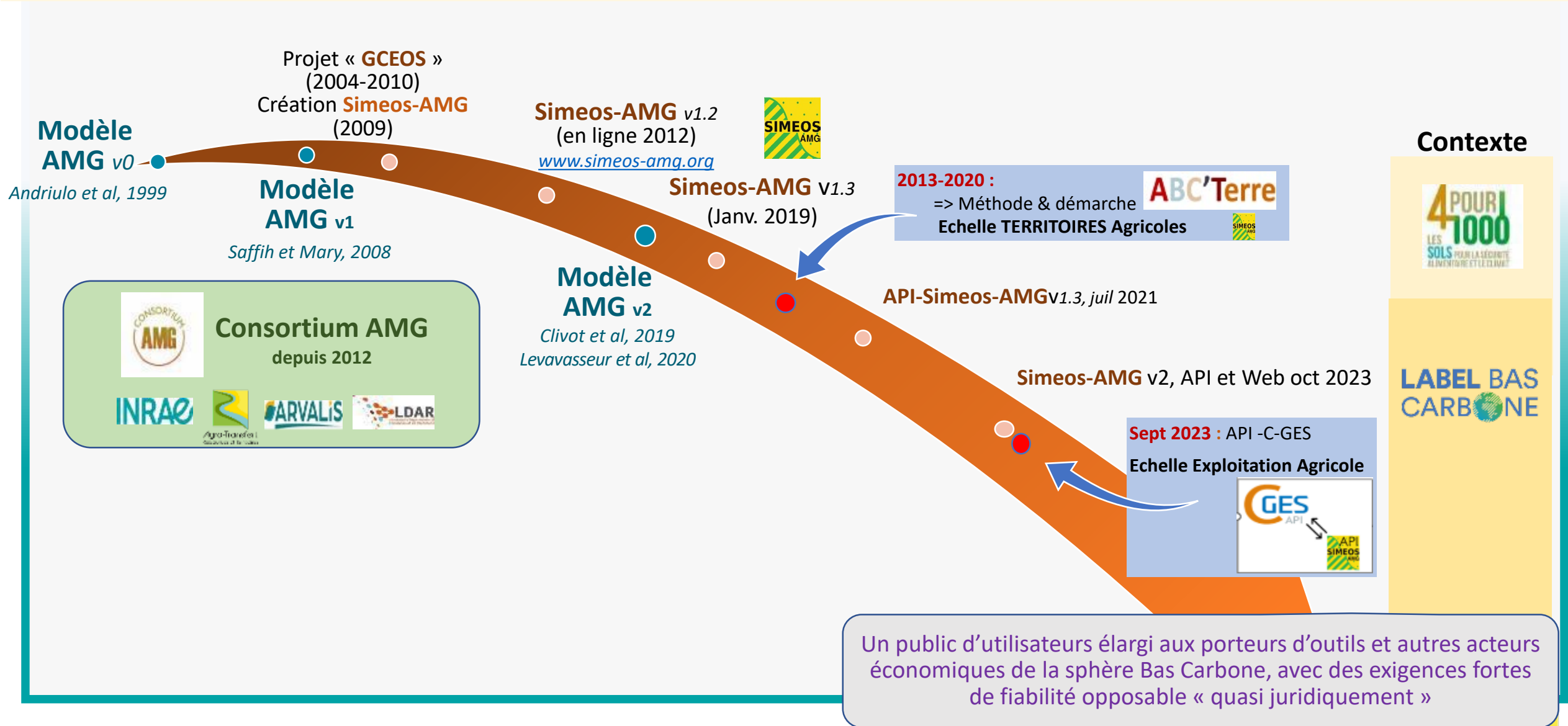
Des questions spécifiques posées quant à l'accès possible aux données d'entrée nécessaires aux calculs des bilans Carbone du sol (par Simeos-AMG) et GES

Des compétences particulières mobilisées : AgroParisTech (RPG-Explorer), INRAE-INFOSOL (Geostatistique) et ULS Beauvais (agropédologie)

- Étapes
- Outils ou méthodes
 - Données

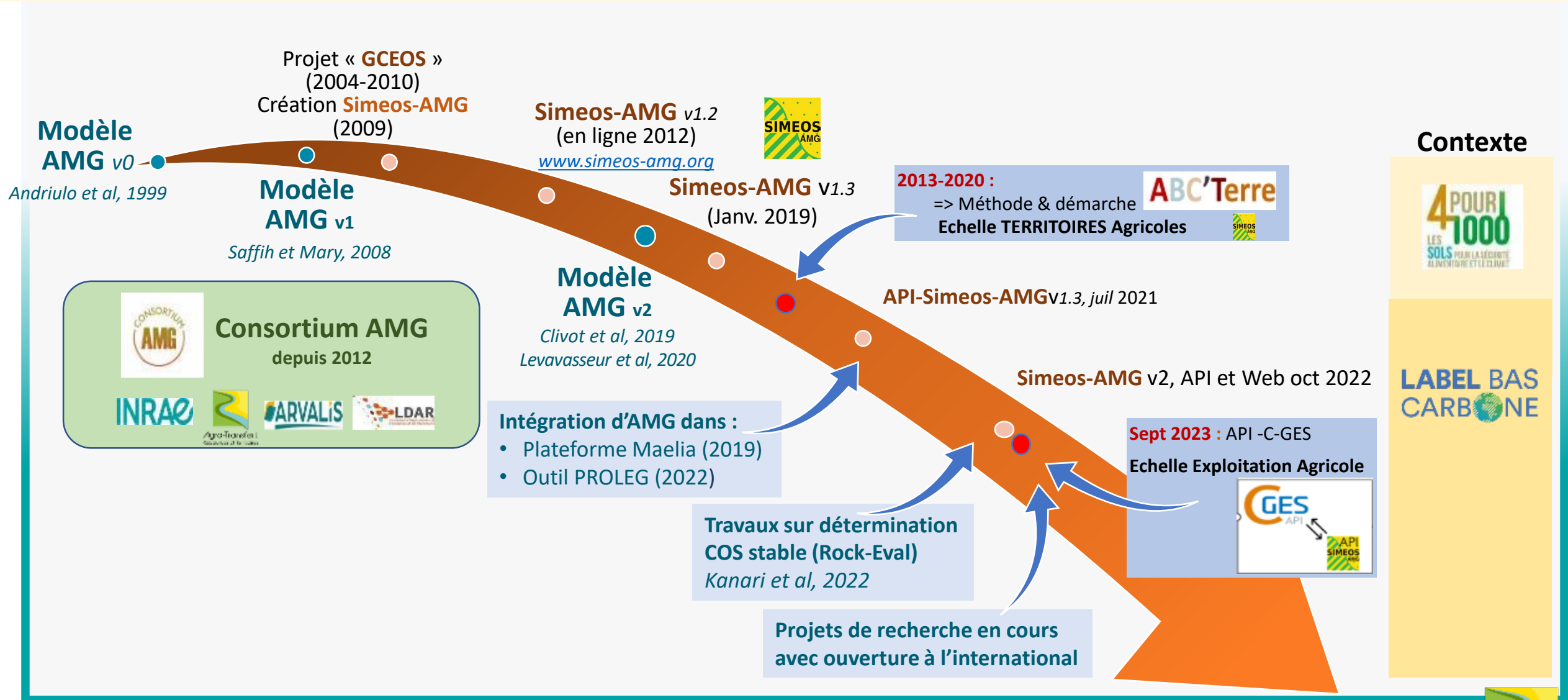
Parcours de collaboration INRAE – AGT-RT autour d'AMG

Histoires conjointes de développement du modèle et des outils permettant son application à différentes échelles

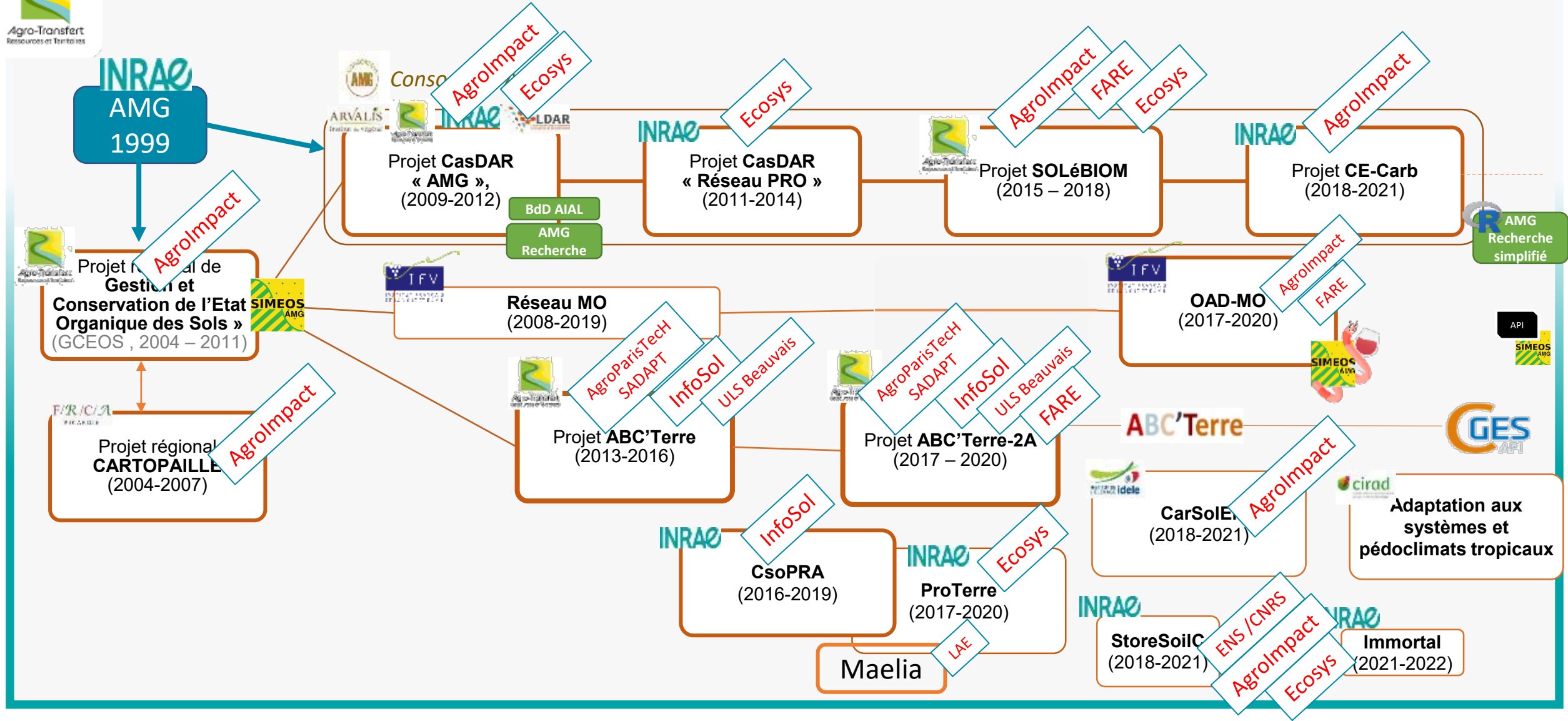


Parcours de collaboration INRAE – AGT-RT autour d'AMG

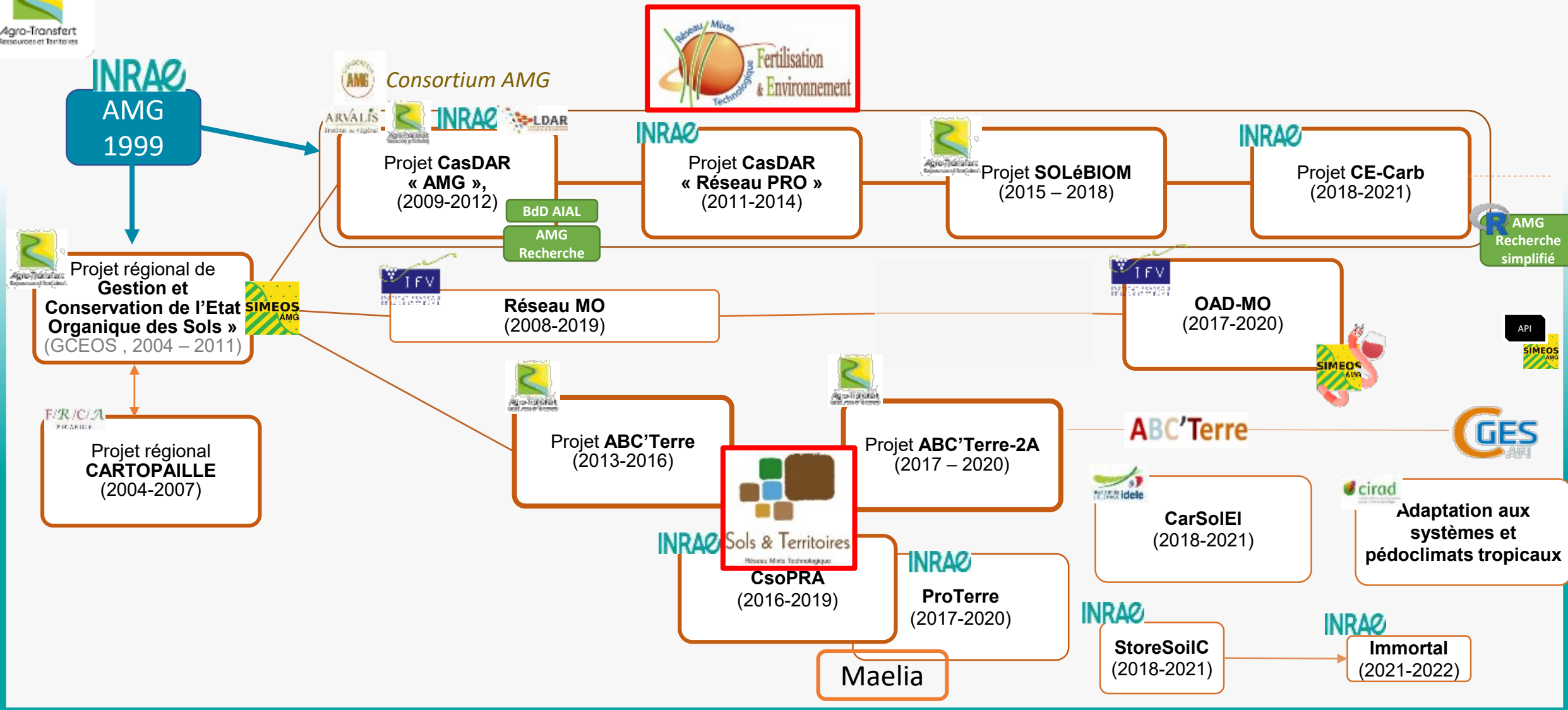
Histoires conjointes de développement du modèle et des outils permettant son application à différentes échelles



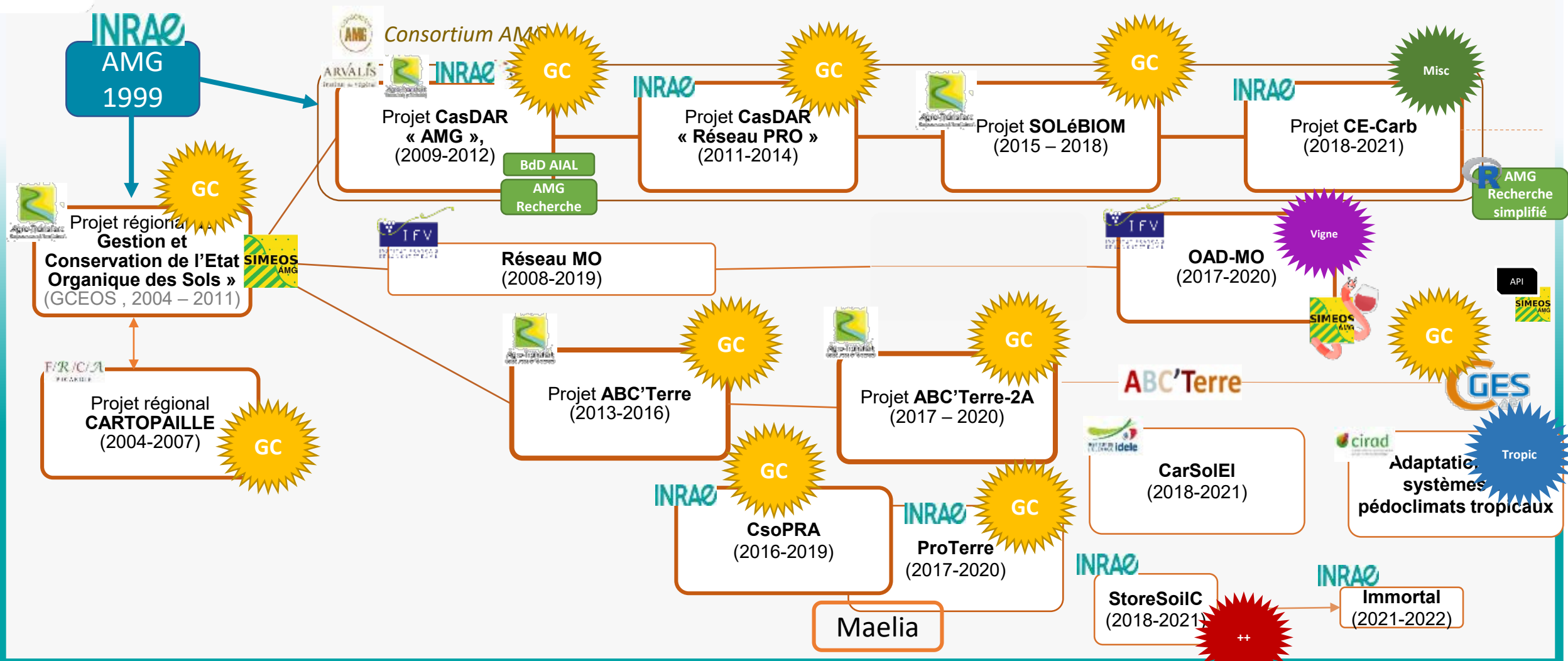
Différents travaux à la source d'évolutions d'AMG ou valorisant le modèle et l'outil Simeos-AMG



Différents travaux à la source d'évolutions d'AMG ou valorisant le modèle et l'outil Simeos-AMG



Différents travaux à la source d'évolutions d'AMG ou valorisant le modèle et l'outil Simeos-AMG



En résumé 1/3

- **Une complémentarité active entre les travaux sur le modèle AMG et sur l'outil Simeos-AMG :**
 - ✓ Le modèle a donné les moyens de traiter des questions formulées par les acteurs agricoles
 - ✓ Les applications concrètes en milieu agricole ont fait remonter de nouvelles questions et suscité des demandes d'amélioration du modèle, d'élargissement de son domaine d'application
 - ✓ Les utilisations de l'outil ont fait germer des idées pour de nouvelles applications à différentes échelles (du SdC au territoire)

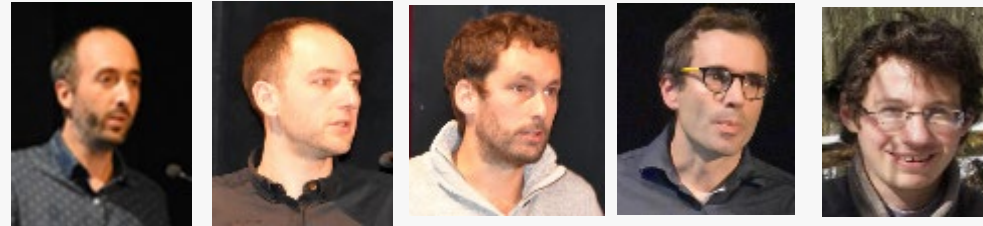
- **Un cheminement conjoint et complémentaire rendu possible par des collaborations au sein de nombreux projets** (↔ financement des travaux + opportunité de nouvelles collaborations) :
 - => Publications scientifiques communes sur AMG
 - => Ancrage et reconnaissance scientifique de l'outil Simeos-AMG

- **Un élargissement et une formalisation de ce partenariat au travers du Consortium-AMG :**
 - => Développements sur AMG et outils dérivés inscrits dans une perspective de co-développement en continu
 - => AMG et outils associés bénéficient d'une reconnaissance « officielle » recherchée pour certains usages

➤ Des évolutions importantes ces dernières années



- ✓ Au départ en retraite du chercheur INRAE « historique », **Bruno Mary**, créateur d'AMG, le flambeau est bien passé à une « équipe » de jeunes chercheurs impliqués et réunis autour d'AMG : **Fabien Ferchaud** (IR INRAE, UMR BioEcoAgro Laon puis UMR Eco&Sols Montpellier), **Hugues Clivot** (IR URCA, UMR FARE, Reims), **Florent Levavasseur** (IR INRAE, UMR Ecosys, Saclay) ; **Manuel Martin** (IR INRAE, US INFOSOL, Orléans), **Pierre Barré** (DR CNRS, Laboratoire de Géologie de l'ENS, Paris)...



- ✓ Et du côté d'AGT-RT aussi ! **Jean-Christophe Mouny, Justine Lamerre, Joachim Boissy, Benoît Vasseur** avec l'équipe Informatique : **Maxime Levert, Guillaume Foulon, Guillaume Fayet**



➤ Des évolutions importantes ces dernières années

- ✓ **Une importante montée de l'intérêt « politique » pour la thématique carbone, en particulier carbone du sol :**
 - Initiative « 4 pour 1000 » depuis 2015 : des moyens pour la recherche et la R&D
 - Développement de la méthodologie **Label Bas Carbone** avec appels pressant à la mise à disposition d'outils de calcul fiables, de la part d'un public d'utilisateurs élargi
 - ⇒ *fort développement des collaborations en recherche, entre recherche et R&D et avec les instances « officielles » (ministères, ADEME,)*
 - ⇒ *Appel à l'automatisation et la sécurisation des calculs en grand nombre, en ligne (API-Simeos-AMG)*
 - ⇒ *intérêt croissant pour AMG et Simeos-AMG à l'international*

- ✓ **Demande d'Open Science à INRAE et au-delà :**
 - ⇒ Ouvre des perspectives de travaux d'évaluation, de référencement et d'amélioration importants du modèle AMG
 - ⇒ Implique d'adapter les modes de diffusion des outils pour la R&D

Le point de vue de Fabien, pour INRAE :

- **Des métiers différents** : AGT-RT permet la diffusion des résultats de la recherche à un niveau que l'on aurait ni le temps, ni les moyens d'atteindre seuls
- **Des retours du terrain** :
 - Servent « d'aiguillon » pour poursuivre les travaux :
 - ↗ le domaine d'application (cultures, systèmes, contextes pédoclimatiques)
 - Précision/amélioration de certains formalismes ou paramétrages
 - Poussent à se poser de nouvelles questions
- **L'utilisation dans des démarches type Label Bas Carbone** :
 - à la fois reconnaissance du modèle et « pression » ; le modèle n'est pas parfait et ne couvre pas tout !
- **« Tension »** entre la volonté d'une reconnaissance à l'international (élargissement sur des contextes européens et au-delà) vs. précision dans le contexte français ?

Le point de vue d'Annie, pour AGT-RT :

- Une synergie fructueuse :
 - L'expertise INRA de Laon a permis **d'ancrer de façon solide scientifiquement** un modèle de simulation « simple » et ainsi l'OAD simple d'usage
 - ⇒ Publication scientifiques issues des travaux = résultats reconnus pour les chercheurs
 - ⇒ Réponses au besoins des acteurs terrain (pertinence, fiabilité, praticité des résultats diffusés) = résultats attendus d'AGT et de ses partenaires « développement »
 - ⇒ Pouvoir assurer vraiment l'interface entre un travail de fond de qualité et une réponse suffisamment accessible à la pratique sur le terrain
- Et durable :
 - **La collaboration a été maintenue active** via la recherche commune de **moyens** (montage de projets de R&D ou de recherche)
 - Les fruits de la collaboration sont **adaptés/adaptables** assez facilement aux **nouvelles attentes** (usages LBC Bilans C des exploitations ; internationalisation du modèle, de notre outil)
 - Et encore des **perspectives** en ce sens via le **Consortium AMG, et** avec l'évolution des équipes INRAE
 - **Source d'ouverture** sur l'évolution des méthodes et **contextes de travail des chercheurs** : ex. *Open Science*
=> *Nous amène aussi à mieux réfléchir et considérer le positionnement et ce qui fait la valeur spécifique de notre travail de R&D dans ce contexte nouveau*

Le point de vue d'Annie, pour AGT-RT :

- Et, en perspective ...au-delà du modèle et des outils :
- **Une nécessité de se consacrer plus aux usages de ces ressources** : *Pouvoir travailler plus à la façon de les mettre en œuvre pour le conseil et l'accompagnement des changements de systèmes*
 - ⇒ Avec les agriculteurs et les conseillers : travailler les démarches de conseil à visées agronomiques
 - ⇒ Avec les acteurs des filières : assurer les liens et la cohérence entre les objectifs poursuivis au long des chaînes de valeurs, entre Agronomie et Bilans Carbone
 - ⇒ A l'échelle des territoires : ex. à suivre d'ABC'Terre
- **Un besoin de collaboration renforcé en format « Recherche-Action »** : pour mieux comprendre et apprendre à mieux gérer les cycles C&N dans les systèmes innovants (ACS, « Agriculture Régénératrice »...) :
 - ⇒ Beaucoup de questions de terrain et peu de références scientifiques accessibles (sur l'azote en ACS par ex.)
 - ⇒ Pouvoir évaluer et adapter modèles et outils dans ces conditions et pouvoir les utiliser pour accompagner la conception pas à pas des nouveaux systèmes

Regards croisés sur l'avenir de cette collaboration AGT-INRAE ...

Des promesses

- Le Consortium AMG s'établit, s'élargit ;
- Il est reconnu (cf contrôle conformité des outils pour LBC)
- Des projets en cours et prévus :
=> les collaborations se poursuivent
=> Nelles adaptations d'AMG,
Nelles applications
Nvx usages,

Des questions

- Quel rôle d'AGT-RT dans les travaux sur AMG pour l'international ?
- Quel rôle d'INRAE-Transfert vs AGT-RT dans la diffusion d'applications du modèle ?

Des souhaits

- Reconnaissance large d'AMG à l'international
- Confirmation intérêt du modèle et de Simeos-AMG pour normalisation UE des bilans Carbone
- Poursuivre/développer la collaboration pour alimenter de façon solide et pragmatique les boîtes à outils du conseil dans les nouveaux SdC (ex. gestion C&N en ACS)

Des points de vigilance

- Conserver équilibre entre exigence scientifique /performances du modèle et **ness simplicité de mise en œuvre des outils** dérivés
- Renforcer/ « Cultiver » le **travail sur les usages du modèle et des outils dérivés**, pour le conseil, l'accompagnement à l'innovation

INRAE

Fabien FERCHAUD

fabien.ferchaud@inrae.fr

INRAE UMR Eco&Sols

2 place Viala

34060 Montpellier - France

Hugues CLIVOT

hugues.clivot@univ-reims.fr

UMR FARE

2 esplanade Roland-Garros

51 100 Reims - France

Florent LEVAVASSEUR

florent.levavasseur@inrae.fr

Sabine Houot

sabine.houot@inrae.fr

INRAE UMR EcoSys

22 place de l'Agronomie

9120 Palaiseau – France

Manuel Martin

manuel.martin@inrae.fr

INRAE-Unité InfoSol

2163 Avenue de la Pomme de Pin

CS 40001 ARDON 45075 ORLEANS

France



Agro-Transfert
Ressources et Territoires



Annie DUPARQUE

Chargée de mission

« Sols et agrosystèmes »

a.duparque@agro-transfert-rt.org

Jean-Christophe MOUNY

Chef de projet

« AMG & Simeos-AMG »

jc.mouny@agro-transfert-rt.org

Joachim Boissy

Référent ACV

j.boissy@agro-transfert-rt.org

2 chaussée Brunehaut

80 200 Estrées-Mons

Justine LAMERRE

Cheffe de projet « C-GES »

Référente « ABC-Terre »

j.lammerre@agro-transfert-rt.org

Benoît Vasseur

Modélisateur C-GES

56 avenue Roger Salengro

62 223 Saint Laurent Blangy



*Merci pour votre attention,
vos questions, vos réflexions...*