

## Réunion de travail « météo/modèles » du 12/11/2002

Compte rendu du 6 décembre 2002 (A. Ducharne)

**Présents:** Agnès Ducharne, Gilles Billen, Emmanuel Ledoux, Eric Gomez, Bruno Mary, Nadine Brisson, Sophie Lebonvallet.

### 1. Colloque PIREN-Seine

Il se tiendra les 4 et 5 février. Les exposés « GICC » envisagés sont:

- Xavier Poux: prospective agricole à l'horizon 2050
- Agnès Ducharne: comparaison de l'impact de deux scénarios climatiques

### 2. MODCOU/STICS:

Ça a constitué le gros de la discussion !

#### 2.1. Simulations STICS « off-line »

Il est d'abord ressorti que **ce sera Eric qui sera en charge des simulations STICS**, dans le cadre de la chaîne de modélisation STICS/MODCOU/NEWSAM. Ceci revient à dire que l'on renonce aux simulations STICS « off-line » (sans MODCOU). Ça se justifie par le souci de ne pas faire 2 fois un travail équivalent, mais surtout parce que la variabilité des sols semble déterminante dans la réponse de STICS, et que cette variabilité des sols peut être appréhendée simplement dans STICS spatialisé sur la Seine/Marne.

Je me permets de rappeler que **ce choix impose une charge de travail importante à Eric, et impose aussi de réaliser une simulation sous changement climatique rapidement, pour analyser les réponses de STICS en terme de rendement, irrigation, etc... et en déduire uen viabilité des cultures du bassin sous changement climatique (action 3 du projet), qui intéresse bien sûr les équipes de prospective.**

#### 2.2. Simulation de référence, sous climat « actuel »

Il a été convenu qu'il fallait commencer rapidement par une simulation de référence:

- à partir de la fin de simulation de thèse d'Eric
- avec le climat de 1970-1990 (car il est possible que les années 1990-2000, les plus chaudes du siècle, soient déjà influencées par le changement climatique). Ces 20 ans peuvent être répétés si l'on veut se projeter à plus long-terme.
- avec les pratiques agricoles de 1990-2000

Mais les modalités pratiques de mise en oeuvre de cette simulation ont été longuement discutées. Je tente un résumé, même si je ne suis pas sûre des conclusions finales:

- La longueur de cette simulation est une première question. Il pourrait être intéressant de chercher à caractériser le temps de réponse des aquifères aux apports de nitrates actuels.
- Mais les aquifères mettent longtemps (plusieurs décennies) à atteindre un régime permanent du point de vue des concentrations en nitrates. Au terme de sa simulation de thèse de 30 ans, Eric n' a pas mis en évidence que les teneurs en nitrates s'étaient stabilisées. Une raison est le temps de réponse de la zone non-saturée.
- De plus, les simulations MODCOU/STICS prennent du temps. Sur la Marne étendue (environ 3500 mailles MODCOU ?), il faut une semaine de calcul pour simuler 30 ans.
- Emmanuel propose d'accélérer ces simulations en prenant les flux d'eau et de nitrates à la base du sol, simulés en 1970-1990 par MODCOU et STICS respectivement, et en les injectant directement dans NEWSAM.

- Problème: le fonctionnement biogéochimique du sol aussi répond lentement aux perturbations, et son temps de mise à l'équilibre est évalué par Bruno à une vingtaine d'années. Par conséquent, en 1970-1990, le sol n'était pas à l'équilibre.
- Proposition d'Emmanuel: on fait 20 ans de simulation de référence avec MODCOU/STICS complet. On regarde si le sol atteint un équilibre (du point de vue des flux de nitrates). Si oui, on peut continuer en mode « accéléré » (voir ci-dessus), sinon on continue réitère avec la chaîne de modélisation complète.
- Problème: il ne suffit pas de quelques années de stabilisation « STICS » pour avoir un signal représentatif. En particulier, si l'on ne garde que quelques années pour construire des flux de forçage permanent pour NEWSAM, on perd une large gamme de la variabilité liée au climat.

En conclusion de cette discussion, j'ai noté que **la simulation de référence aura les caractéristiques suivantes:**

- à partir de la fin de simulation de thèse d'Eric
- avec le climat de (car il est possible que les années 1990-2000, les plus chaudes du siècle, soient déjà influencées par le changement climatique). Ces 20 ans peuvent être répétés si l'on veut se projeter à plus long-terme.
- avec les pratiques agricoles de 1990-2000
- Simulation STICS (spatialisé) sur 40 ans (2 fois le climat 1970-1990), avec sortie de: flux d'eau, de nitrates, lessivage, drainage, rendements, stocks de matière organique.
- Ces sorties permettent d'analyser la stabilisation de STICS (qui devrait être réalisée sur les 20 dernières années de la simulation).
- Alors, on peut prendre la moyenne des 20 dernières années des flux de nitrates sous racinaires de STICS en forçage de NEWSAM, jusqu'à atteindre la stabilisation des concentrations de nitrates dans les aquifères.
- **Question: la simulation de 40 ans de STICS est-elle couplée à MODCOU ???** Si ce n'est pas le cas, d'où viennent les flux d'eau pour le forçage de NEWSAM (les années 1970-1990 déjà simulées par Eric ne correspondent pas à des pratiques agricoles de 1990-2000).

### 2.3. Simulation en climat modifié

Si j'ai bien compris, il s'agira d'une simulation:

- démarrant à l'actuel (à partir de la fin de simulation de thèse d'Eric), pour prendre en compte la dynamique à long terme du sol, de la zone non saturée et des nappes, mise en évidence par la simulation de référence.
- Le climat sera le climat 1970-1990 perturbé à partir des simulations Arpège 1xCO<sub>2</sub> et 2xCO<sub>2</sub> de Déqué et al. (1998). Ces simulations sont désignées comme « Arpège OLD » dans la note « Les données climatiques du projet GICC-Seine » (disponible sur <http://www.sisyphe.fr/Internet/gicc/rapports.html>), qui décrit aussi la méthode de construction des perturbations.
- **Durée: jusqu'en 2060 ?** (3 itérations de 20 ans) pour coller avec l'horizon temporel des simulations climatiques Arpège. Il est bien évident que cette simulation ne sera pas une projection de l'évolution transitoire du sol et des nappes accompagnant le changement climatique supposé par Arpège. Cette simulation est plutôt conçue pour amplifier la réponse.
- Les pratiques agricoles seront toujours celles de 1990-2000 (le croisement du changement climatique avec le changement de l'agriculture sera analysé grâce à une troisième simulation).
- Modèles: chaîne de modélisation STICS/MODCOU/NEWSAM complète (c'est ce que je suppose, puisqu'on perturbera l'évolution transitoire en 2000, repoussant donc l'ami en équilibre).

## 2.4. Problèmes de l'ETP en climat modifié

### a) Calcul de l'ETP perturbée

Conformément à la méthode utilisée pour le GICC-Rhône, la note « Les données climatiques du projet GICC-Seine » montre une ETP perturbée, calculée à partir de la formule de Penman utilisée par Météo-France dans laquelle ce sont les différentes variables d'entrée (rayonnement net, température, vitesse du vent et pression de vapeur) qui sont perturbées à partir des simulations « Arpège OLD » 1xCO<sub>2</sub> et 2xCO<sub>2</sub>. Pour cette démonstration, les données actuelles qui servent de base à la perturbation sont les données ISLSCP 1987-1988, où les variables d'entrée de la formule de Penman sont disponibles.

Ce n'est pas le cas pour les données 1970-1990 utilisées par Eric comme base pour MODCOU/STICS. Il manque le rayonnement net, la vitesse du vent et la pression de vapeur. Et l'extrapolation serait longue et compliquée, et peut-être pas vraiment justifiable.

**Conclusion:** je vais faire un test pour voir comment fournir à Eric des perturbations d'ETP.

Il s'agira de calculer:

- l'ETP à partir de « Arpège OLD » 1xCO<sub>2</sub> : ETP\_A1
- l'ETP à partir de « Arpège OLD » 2xCO<sub>2</sub>: ETP\_A2
- l'ETP à partir de 1987-1988: ETP\_Base
- l'ETP à partir de 1987-1988 perturbée: ETP\_Pert

Si (ETP\_A2 - ETP\_A1) est proche de (ETP\_Pert - ETP\_Base), alors ça veut dire que l'on peut utiliser la perturbation d'ETP (ETP\_A2 - ETP\_A1). En fait il vaut sûrement mieux utiliser une perturbation multiplicative pour l'ETP, qui peut être nulle).

**Si les deux différences ne sont pas proches, je peux sinon fournir (ETP\_Pert - ETP\_Base) ou ETP\_Pert / ETP\_Base. Qu'en pensez-vous ? Ce n'est sûrement pas le pire que l'on puisse faire !**

### b) Effet du CO<sub>2</sub> sur la conductance stomatique et l'ETP

Il est reconnu que la conductance stomatique diminue en général quand la teneur atmosphérique en CO<sub>2</sub> augmente. En effet, la conductance stomatique est contrôlée par l'ouverture des stomates, qui dépend elle-même de l'assimilation de carbone par photosynthèse. Une concentration en CO<sub>2</sub> supérieure permet une ouverture stomatique plus faible sans diminuer le flux de CO<sub>2</sub> pour l'assimilation du carbone par photosynthèse. La diminution de l'ouverture stomatique réduit les pertes en eau par transpiration (diminution de la conductance stomatique), et augmente donc l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) des plantes (défini comme le rapport assimilation/transpiration).

L'évapotranspiration potentielle (ETP) de Penman (formule utilisée par Météo-France) représente l'évapotranspiration maximale d'un gazon non limité par l'eau. Comme il s'agit de transpiration par un gazon, il y a une conductance stomatique (et comme le couvert n'est pas limité par l'eau, on parle de conductance maximale). La formule contient des paramètres numériques (au niveau de la fonction de vent) qui ont été calibrés à partir de mesures de l'ETP. Ces paramètres correspondent implicitement à une conductance maximale. Mais si la teneur en CO<sub>2</sub> augmente, cette conductance maximale devrait baisser, diminuant l'ETP.

Nadine propose de calculer un facteur correctif à l'ETP Penman (qui correspond à des teneurs en CO<sub>2</sub> récentes). Elle utilisera pour cela STICS-Prairie, avec des paramètres correspondant à un gazon, et un sol saturé en eau. Le rapport entre les ETP aux teneurs en CO<sub>2</sub> de 708 et 354 ppm (les valeurs de Arpège OLD) donnera le facteur correctif correspondant à la réduction de la conductance stomatique.

**Pour ce faire, je fournirai rapidement des données de température, rayonnement net (ou global ?), vitesse du vent et pression de vapeur, dans deux sites contrastés. Sauf contre-ordre, ce seront des données ISLSCP 1987-1988 (est-ce que l'année 1988 suffira ?). Faut-il autre chose ?**

## 2.5 Variables climatiques requises pour MODCOU/STICS

- Format: texte, pas de temps mensuel, une valeur de perturbation mensuelle par maille Arpège, une ligne par mois, un fichier par variable
- En accompagnement: matrice de correspondance entre les mailles Arpège et les mailles Safran
- Variables retenues pour calculer les perturbations mensuelles:
  - précipitations (en mm/j)
  - ETP (voir ci-dessus; en mm/j)
  - températures moyenne, minimale\* et maximale\* journalière (à 2 m; en C)
  - rayonnement (**solaire et IR incident ou net ???**; en W/m<sup>2</sup>)
  - pression de vapeur (à 2 m; en mb)
  - vitesse du vent (à 10 m; en m/s)

\* J'ai contacté Michel Déqué qui devrait nous fournir ces données au mois de janvier.

## 3. Autres stratégies possibles pour construire les scénarios climatiques

### 3.1. Générateurs de temps

Nadine pense qu'il serait mieux d'utiliser un générateur de temps pour prolonger dans le futur la série de 20 ans 1970-1990 (pour le scénario climat actuel). Avec STICS5, ça ne même pas la tâche, car un générateur de temps y est déjà intégré. Est-ce que ce serait ensuite aisé de sortir les variables météo pour MODCOU ?

Nadine propose de tester cette idée. A suivre...

### 3.2. Alternative à la méthode des perturbations

Lors de son DEA, Sophie Lebonvallet a utilisé une méthode de correction des biais pour construire un scénario de changement climatique à partir de deux simulations Arpège (correspondant aux simulations dites « Arpège NEW » dans la note « Les données climatiques du projet GICC-Seine »).

Si on calcule le biais au pas de temps mensuel (< X > indique la moyenne mensuelle de X):

- biais = < X1CO<sub>2</sub> > - < Xobs >
- X1cor = X1CO<sub>2</sub> - biais et < X1cor > = < Xobs >
- X2cor = X2CO<sub>2</sub> - biais et < X2cor > = < X2CO<sub>2</sub> > - < X1CO<sub>2</sub> > + < Xobs >

On a posé:

- X1CO<sub>2</sub> : X simulé sous 1xCO<sub>2</sub>
- X2CO<sub>2</sub> : X simulé sous 2xCO<sub>2</sub>
- Xobs : X observé en conditions actuelles

Pour comparaison, voici ce que donne la méthode des perturbations (additives) au pas de temps mensuel:

- perturb = < X2CO<sub>2</sub> > - < X1CO<sub>2</sub> >
- X1perturb = Xobs et < X1perturb > = < Xobs >
- X2perturb = Xobs + perturb et < X2perturb > = < Xobs > + < X2CO<sub>2</sub> > - < X1CO<sub>2</sub> >

On voit donc qu'en moyenne mensuelle, les stratégies sont rigoureusement identiques. La seule différence se trouve au pas de temps de calcul du modèle, qui suit la dynamique observée dans la méthode des perturbations (c'est bien en climat 1xCO<sub>2</sub>, ça l'est moins en climat 2xCO<sub>2</sub>), alors qu'elle suit la dynamique simulée par le modèle dans la méthode de correction du biais (ce qui est bien si le modèle représente correctement la dynamique à court terme, mais l'est moins sinon).

Les deux méthodes présentent donc *a priori* des avantages et des inconvénients différents, dont le poids relatif doit sérieusement dépendre du réalisme du modèle sur la dynamique à court terme. Nadine propose de comparer les deux méthodes avec STICS. Quelles sont les données nécessaires ?

## 4. Calendrier

Ce point n'a pas été beaucoup discuté ensemble. A la suite de la réunion, Bruno, Nadine, Eric et Sophie ont fait la proposition suivante.

### 4.1. Proposition (mail de Bruno du 12 novembre)

Suite à notre réunion de cet après-midi, nous avons réfléchi à une proposition de calendrier de travail, au moins pour nos 2 équipes. Il nous semble qu'avant de foncer dans les simulations de scénarios, il faut d'abord améliorer la qualité de prévision de l'existant et mieux confronter les simulations actuelles avec les données disponibles.

Dis-nous si le calendrier te convient.

#### Novembre 02-Janvier 03

\* Equipe INRA (Nadine, Sophie et Bruno): évaluation et paramétrage de la nouvelle version de STICS (version 5 qui offre davantage de potentialités que la version 4, utilisée par Eric Gomez) notamment pour des cultures mal paramétrées à ce jour: luzerne, vigne, cultures intermédiaires

\* Equipe Mines (Eric): rapport PIREN-Seine 2003 et pré-diagnostic des problèmes rencontrés avec le scénario "actuel" (thèse de Eric)

#### Février - Mai 03

\* Equipe Mines (Eric): introduction de la nouvelle version STICS 5 dans la procédure STICS spatialisé

\* Equipe INRA et Mines (Nadine, Sophie et Bruno): diagnostic précis des problèmes rencontrés avec le scénario "actuel"; compilation des références disponibles (teneurs en nitrate sous les racines) et confrontation aux sorties du modèle; propositions d'amélioration et évaluation de leur impact.

#### En parallèle: Novembre 02- Mai 03

\* Equipe INRA Mirecourt (Marc, Céline et Catherine) :

- extension de la base de données Marne aux autres zones du bassin Seine (est-ce nécessaire pour le pg GICC ?)

- définition de scénario(s) de systèmes de culture possible(s) dans le contexte changement climatique (on recherchera de préférence un scénario qui fasse varier la fréquence des systèmes de culture actuels plutôt que des systèmes nouveaux qui compliqueraient singulièrement la tâche de Eric Gomez)

#### Juin-Août 03

\* Equipe Mines : réalisation des simulations des 3 scénarios de base sur 2\*20 ans:

- scénario 1: scénario actuel ou de référence

- scénario 2: le climat change mais pas les systèmes de culture

- scénario 3: le climat et les systèmes de culture changent

Si l'on peut, on fera aussi le scénario 4:

- scénario 4: les systèmes de culture changent, mais pas le climat

\* Equipe INRA et collègues: expertise des sorties des simulations.

### 4.2. La réponse du coordinateur...

Je confirme ce que j'ai indiqué dans un mail du 22 novembre. **Je trouve qu'une échéance à août 2003 pour les scénarios 1 et 2 définis ci-dessus est beaucoup trop tardive.** En effet, comme mentionné en paragraphe 2.1 de ce compte-rendu, ces simulations doivent être analysées en terme de viabilité des cultures actuelles sous changement climatique, pour alimenter la réflexion des équipes de prospective, qui travaillent avec des étudiants de DEA qui commencent en mars. **Il me semble nécessaire d'avoir ces simulations pour début avril. Est-ce possible ?**