

# CAHIER DES CHARGES

Objectif :  
Date : 15/11/2005  
Participants : Mansion  
No. Serial : 2

Cette édition du document correspond à la version originale du document du projet BETHA. Des modifications ont toutefois été apportées au paragraphe « 6. Annexes » en vue de permettre la diffusion publique du document sur le site <http://www.modelia.org> . Les adaptations par rapport à la version originale ont été effectuées en bleu (13/06/2008).

## Version def

Résumé :

Cyril DEPOUDENT  
01 40 78 05 30  
cyril.depoudent@inapg.fr

Gang CHENG  
06 26 58 52 53  
gang.cheng@inapg.fr

Hélène MANSION  
helene.mansion@inapg.fr

Laurent RENARD  
laurent.renard@inapg.fr



2.2.1	Modification des données personnelles.....	17
2.2.2	Gestion d'utilisateurs et de profils d'utilisateurs.....	17
3	Contraintes .....	17
4	Traçabilité.....	17
5	Glossaire .....	20
5.1	Modèle agronomique.....	20
5.2	Informatique .....	20
6	Annexes.....	20
6.1	Modèle actuel .....	20
6.1.1	Le modèle agronomique .....	20
6.1.1.1	Estimation du rendement potentiel variétal .....	20
6.1.1.2	Le module « azote et fertilisation azotée » .....	20
6.1.1.3	Le module « maladies et protection fongicide ».....	21
6.1.1.4	Estimation du rendement réel, de la teneur en protéines et du reliquat d'azote minéral dans le sol à la récolte .....	21
6.1.2	Les relations pour le calcul de la marge .....	21
6.2	Variables d'entrée .....	21
6.2.1	Les techniques culturales appliquées au blé (qui décrivent l'itinéraire technique) 21	
6.2.1.1	Variables qualitatives .....	21
6.2.1.2	Variables quantitatives : la fertilisation azotée du blé .....	21
6.2.2	Caractéristiques du milieu et histoire culturale .....	22
6.2.2.1	Variables qualitatives : le précédent cultural.....	22
6.2.2.2	Variables quantitatives : caractéristiques physico-chimiques du sol et importance des maladies (septoriose, rouille brune, ...) .....	22
6.2.3	Les niveaux de rendement potentiels et objectifs (variables quantitatives) .....	22
6.2.4	Informations nécessaires pour le calcul de la marge (variables quantitatives) .	22
6.3	Variables de sortie.....	22
6.4	Variables intermédiaires (variables quantitatives) .....	23
6.5	Paramètres.....	24
6.5.1	Les paramètres variétaux (productivité, note de résistance aux maladies, précocité) – (variables quantitatives).....	24
6.6	Prod_var_lsen .....	24
6.6.1	Paramètre intervenant dans le calcul du rendement potentiel (effet densité de semis drdt) – variable quantitative.....	24
6.6.2	Paramètres intervenant dans le module « azote et fertilisation azotée » (variables quantitatives) .....	24
6.6.3	Paramètres intervenant dans le module « maladie et protection fongicide » (variables quantitatives) .....	25
6.6.4	Paramètres pour le calcul de la teneur en protéines (p1, p2 et p3) et du reliquat d'azote minéral dans le sol à la récolte (n1 et n2).....	25
6.6.5	Paramètres pour le calcul de la marge (variables quantitatives).....	25

**Table des illustrations :**

Figure 1 : Page de login .....	8
Figure 2 : Erreur de login .....	8
Figure 3 : Bandeau commun aux pages.....	8
Figure 4 : Modes d'utilisation (et interfaces correspondantes) proposés.....	9
Figure 5 : Usages et usagers de l'application.....	9
Figure 6 : Saisie des variables .....	10
Figure 7 : Choix d'entrées sauvegardées.....	10
Figure 8 : Sauvegarde des valeurs d'entrée.....	11
Figure 9 : Suppression de sauvegardes d'entrées .....	11
Figure 10 : Choix des variables qui varient .....	12
Figure 11 : Saisie des intervalles de variation.....	13
Figure 15 : Saisie des équations 1/2 .....	15
Figure 16 : Saisie des équations 2/2 .....	16
Figure 17 : Fonctionnalités retenues – numérotation .....	20

Dans le cadre du projet fil rouge 'Betha', ce document a valeur de cahier des charges. Il s'attache à traduire les besoins décrits par l'expression des besoins en fonctionnalités, que la maîtrise d'œuvre s'engage à fournir aux prescripteurs du projet. Ces besoins ont été exprimés par Marie-Hélène Jeuffroy, Directrice de recherche, et Chantal Loyce, Maître de conférence, à l'UMR (Unité Mixte de Recherche) d'Agronomie INRA/INAP de Versailles-Grignon : elles disposent actuellement d'un outil de simulation des rendements et des marges de cultures de blé. Cet outil de simulation, nommé Betha, ne peut actuellement être diffusé à d'autres personnes : seules les personnes ayant conçu ces formulaires Excel sont en mesure de les utiliser. D'autres personnes, organismes et entreprises étant intéressés par le modèle Betha, il paraît nécessaire de mettre à leur disposition une interface plus manipulable que le fichier Excel actuel : c'est l'objet du projet Betha.

## 1 COMPREHENSION DES BESOINS

Des besoins ont été identifiés lors de l'étape d'expression des besoins. Le document qui sert de référence pour l'expression des besoins est expressionBesoins2.doc. Il importe maintenant de lister les fonctionnalités qui permettront de répondre à ces besoins.

### 1.1 Rappel des besoins identifiés

Nous reproduisons ici la liste des besoins telle qu'elle est présentée dans l'expression des besoins, ainsi qu'une liste qui les reprend en affectant à chacun un libellé explicite. C'est ce libellé qui sera par la suite utilisé pour décrire chaque besoin ; un numéro d'identification est aussi attribué à chaque besoin.

**Tableau 1 : Besoins fonctionnels identifiés lors de l'expression des besoins**

Besoin		N°	Priorité	
Simulation		Interface dédiée à la simulation	010	Haute
	Saisie de données	Saisie	020	Haute
		Saisie de variables intermédiaires	030	Basse
		Choix de saisir certains groupes de variables ou non (module maladies)	040	Moyenne
		Choix de faire varier certaines variables et d'effectuer des simulations pour toutes les combinaisons	050	Moyenne
		Contrôle des données	Présence	060
	Vraisemblance		070	Moyenne
	Lancement de la simulation	Suivi de l'exécution : en cours ou achevée	080	Basse
	Sorties	Consultation	090	Haute
		Sauvegarde possible	100	Haute
Evaluation du modèle		Interface dédiée à l'évaluation du modèle	110	Haute

	Données concernées	Choix des données auxquelles appliquer la simulation	120	Moyenne
		Récupération des données	130	Haute
		Contrôle des données	140	Moyenne
		Lancement de la simulation	150	Moyenne
	Sorties	Affichage des sorties : graphique - numérique	160	Haute
		Sauvegarde possible	170	Moyenne
Modification du modèle par l'équipe de recherche		Interface dédiée, et accessible uniquement à l'équipe de recherche	180	Haute
	Saisie des équations	Liste des variables pouvant être renseignées dans les équations	190	Haute
		Vérification du calcul de toutes les sorties prévues	200	Moyenne
		Application des nouvelles équations au 'moteur de calcul' de l'outil de simulation	210	Haute
Ajout de valeurs possibles à certaines variables qualitatives (par tous les utilisateurs)		Visualisation (dans l'interface de simulation) des variables pour lesquelles c'est possible	220	Basse
		Interface spécifique permettant d'entrer le nouveau code, et les éventuels paramètres liés	230	Basse

## 1.2 Reformulation

Pour faciliter le travail et la communication autour du projet, un intitulé unique est attribué à chaque besoin.

De nouveaux besoins [en vert] ont été rajoutés par rapport à l'expression des besoins, d'autres besoins ont été décomposés en plusieurs besoins distincts [en rose].

**Tableau 2 : Reformulation des besoins**

N°	Intitulé	Détail
005	Application	
010	Interface de simulation	
020	Saisie des variables d'entrées	
030	Saisie de variables intermédiaires	
040	Saisie facultative de groupes de variables	
045	Lancement de la simulation	
046	Visibilité de l'état de l'exécution	(achevée-en cours)
050	Combinaison de variations de variables d'entrée	
060	Contrôle de présence des variables	
070	Contrôle de vraisemblance des variables saisies	
080	Lancement de la simulation	
085	Visibilité de l'état de l'exécution	(achevée-en cours)
090	Consultation des sorties	

100	Sauvegarde des sorties	
110	Interface d'évaluation du modèle	
120	Choix des données d'évaluation du modèle	
130	Récupération de ces données	
140	Contrôle des données récupérées	
150	Lancement de l'évaluation du modèle	
155	Suivi de l'évaluation	(achevée-en cours)
160	Affichage des sorties graphique et numérique	
170	Sauvegarde des sorties	
180	Interface de modification du modèle	Pas accessible par tous
190	Liste des variables utilisables	
200	Contrôle du calcul de toutes les sorties prévues	
210	Application <i>locale</i> des nouvelles équations	
215	Transmission des nouvelles équations <i>à tous</i>	
220	Visibilité des variables qualitatives auxquelles on peut ajouter des options	
230	Ajout de nouvelle(s) variétés et des paramètres liés	Pour tous
240	Modification de paramètres	Pas accessible pour tous

## **2 SPECIFICATION DES FONCTIONNALITES**

Tous ces besoins et fonctionnalités doivent, avec une priorité plus ou moins haute, être assurés par l'application. Nous présentons ici le détail de chaque fonctionnalité, telle qu'elle sera perçue par les différents utilisateurs.

### **2.1 Fonctionnalités logicielles**

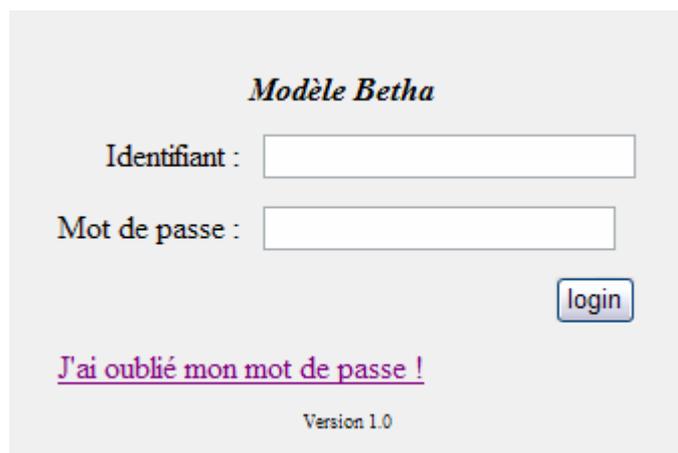
Nous présentons ici le fonctionnement de l'application, sans nous préoccuper des solutions techniques mises en œuvre.

#### **2.1.1 Accès à l'application**

Il existe deux types d'utilisateurs, qui n'ont pas tous accès à certaines fonctionnalités : pour gérer ces différences, l'accès par login et mot de passe est particulièrement approprié. La création et l'attribution de ces identifiants est abordée plus loin.

##### **2.1.1.1 Login**

Lorsque l'utilisateur démarre l'application, il doit s'identifier :

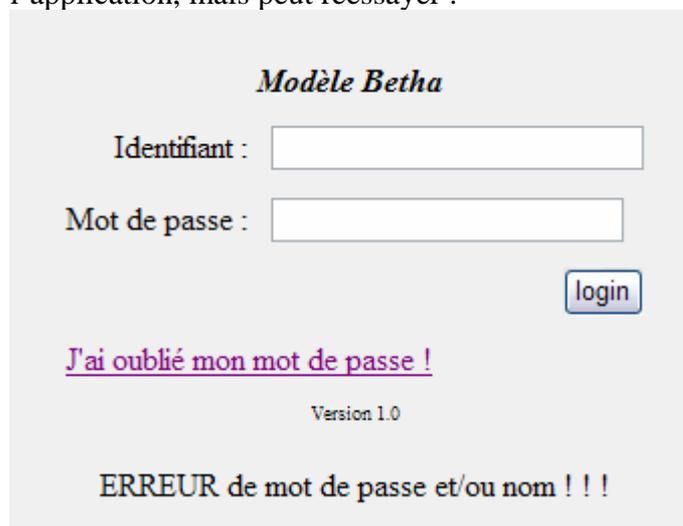


The screenshot shows a login form titled "Modèle Betha". It contains two input fields: "Identifiant :" and "Mot de passe :". Below the "Mot de passe" field is a "login" button. At the bottom of the form, there is a link that says "J'ai oublié mon mot de passe !" and the text "Version 1.0" centered below it.

**Figure 1 : Page de login**

### 2.1.1.2 Erreur de login

Si son identifiant et son mot de passe ne sont pas corrects, il ne peut accéder à l'application, mais peut réessayer :



This screenshot is identical to Figure 1, but it includes an error message at the bottom: "ERREUR de mot de passe et/ou nom !!!".

**Figure 2 : Erreur de login**

### 2.1.2 Ergonomie générale de l'application

Toutes les pages de l'application ont la même charte graphique (fond, polices...). Elles ont toutes un bandeau commun, qui permet l'accès aux différentes interfaces de l'application, ainsi que la déconnexion, la gestion des données personnelles et l'accès à une aide. L'application est proposée uniquement en français.



**Figure 3 : Bandeau commun aux pages**

### 2.1.3 Page d'accueil

Si le mot de passe correspond au user, l'utilisateur est dirigé vers la page d'accueil de l'application : elle comporte le bandeau et d'éventuels messages (concernant les modifications du modèle,...).

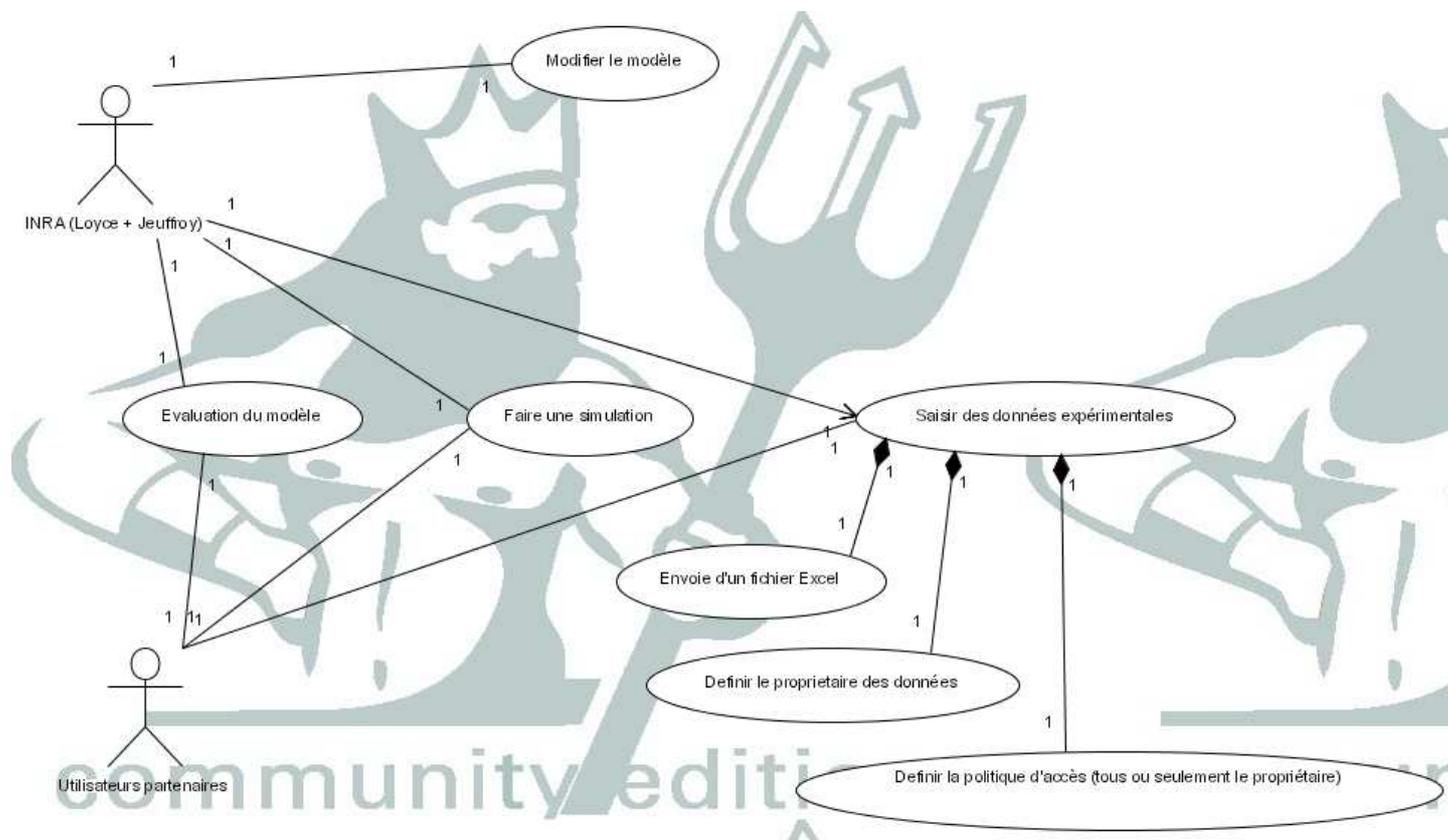
### 2.1.4 Choix du mode d'utilisation

Plusieurs modes d'utilisation de l'application sont possibles : simulation, test du modèle... Les interfaces correspondantes sont toujours accessibles par des liens présents en haut de chaque formulaire : c'est notamment le cas pour la page d'accueil. Selon le type d'utilisateur (membre de l'équipe de recherche ou non) certains liens seront absents ou présents : certaines fonctionnalités ne sont accessibles qu'à un type d'utilisateurs.

Interface	Utilisateurs
Simulation	Tous
Simulation avec combinaison de variables	Tous
Evaluation du modèle	Tous
Modification du modèle	M.-H. Jeuffroy, C. Loyce et Lorène Prost (doctorante ASC INRA Grignon)
Modification de variables	Tous
Données expérimentales	Tous
Création de comptes utilisateur	M.-H. Jeuffroy, C. Loyce et L. Prost

**Figure 4 : Modes d'utilisation (et interfaces correspondantes) proposés**

Ces différentes fonctionnalités et leurs différents utilisateurs peuvent être modélisés



de la manière suivante :

**Figure 5 : Usages et usagers de l'application**

### 2.1.5 Interfaces de simulation

Les liens 'Simulation' et 'Simulations avec combinaison de variables' permettent d'effectuer des simulations à partir de variables d'entrée choisies par l'utilisateur.

#### 2.1.5.1 Simulation avec un seul lot de variables d'entrées

##### 2.1.5.1.1 Saisie des variables

The screenshot shows the 'SIMULATION' interface with the following sections:

- 1 : Techniques culturales**
  - Densité de semis: Réduite (dropdown)
  - Variété: Isengrain (dropdown)
  - Régulateur de croissance: Non (dropdown)
  - Dose d'engrais apportée: [ ] kg/ha
  - Nombre d'apports d'engrais: 0 (dropdown)
- 2 : Caractéristiques du milieu et histoire culturale**
  - Nature du précédent cultural: Pois (dropdown)
  - Azote issu de la minéralisation de l'humus: [ ] kg/ha
  - Teneurs du sol: CaCo3 [ ] %, Argile [ ] %, Matière organique [ ] %
  - Relicat d'azote minéral sortie d'hiver: [ ] kg/ha
  - Notes d'attaque: Rouille brune [ ], Rouille jaune [ ], Oidium [ ]
- 3 : Niveaux de rendement**
  - Rendement potentiel de l'Isengrain: [ ] q/ha
  - Rendement objectif: [ ] q/ha
- 4 : Informations nécessaires au calcul de la marge**
  - Prix: Blé [ ] euros/t, Azote [ ] euros/kg, Semence [ ] euros/kg
  - Coûts: herbicides utilisés [ ] euros/ha, fongicides utilisés [ ] euros/ha, insecticides utilisés [ ] euros/ha, régulateurs utilisés [ ] euros/ha

Buttons at the bottom: Sauvegarder les entrées, Lancer la simulation, Annuler.

**Figure 6 : Saisie des variables**

A l'ouverture du formulaire, certaines variables sont remplies avec des valeurs par défaut. La modification d'une valeur par défaut entraîne la modification de la couleur de fond de la zone de saisie concernée. L'utilisateur peut revenir aux valeurs par défaut en utilisant le bouton 'Annuler'.

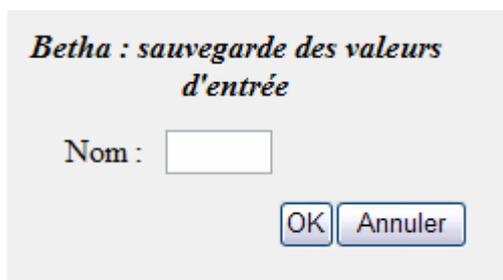
L'utilisateur peut aussi choisir de réutiliser des entrées déjà saisies, et sauvegardées :

The screenshot shows the 'SIMULATION' interface with the dropdown menu for 'Entrées sauvegardées' set to 'S1'.

**Figure 7 : Choix d'entrées sauvegardées**

##### 2.1.5.1.2 Sauvegarde des valeurs saisies

L'utilisateur peut sauvegarder des données sans lancer de simulation pour les réutiliser plus tard en utilisant le bouton 'Sauvegarder des entrées' :



**Figure 8 : Sauvegarde des valeurs d'entrée**

Un contrôle est effectué sur le nom : si il existe déjà un message indiquant 'xxx existe déjà, voulez-vous le remplacer ?' s'affiche. L'utilisateur peut remplacer les valeurs existantes, ou modifier le nom qu'il avait saisi.

#### 2.1.5.1.2.1 Validité des sauvegardes

Les variables d'entrée sauveées dépendent du modèle en vigueur : lorsque le modèle est modifié par M.-H. Jeuffroy, C. Loyce ou L. Prost, les entrées sauvegardées auparavant par les utilisateurs ne sont plus exploitables. Un message explicatif les en informe.

#### 2.1.5.1.2.2 Suppression des sauvegardes

Lorsque le nombre d'enregistrements d'entrées d'un utilisateur atteint une valeur seuil un message d'avertissement s'affiche, et il doit en supprimer pour pouvoir faire de nouvelles sauvegardes :



**Figure 9 : Suppression de sauvegardes d'entrées**

#### 2.1.5.1.3 Contrôle des valeurs saisies

Au clic sur 'Lancer la simulation', un contrôle de contenu est effectué sur les valeurs saisies.

Chaque variable quantitative a un intervalle de valeurs possibles. Si certaines variables ne sont pas dans ces intervalles, ou ne sont pas remplies, l'utilisateur reste sur la page de saisie. Les zones de saisie concernées sont mises en évidence, et un message signale pour chacune le ou les intervalles corrects. L'utilisateur corrige sa saisie, et relance ensuite la simulation.

#### 2.1.5.1.3.1 Lancement et suivi de la simulation

Si toutes les valeurs sont correctes, la simulation est lancée. Un message ‘Simulation en cours’ s’affiche tant que la simulation n’est pas terminée. L’utilisateur n’a pas la main tant que la simulation n’est pas terminée. Lorsque la simulation est terminée, un message ‘Simulation terminée’ s’affiche. L’utilisateur a le choix de lancer une nouvelle simulation, ou se diriger vers une autre page de l’application .

#### 2.1.5.1.4 Consultation des sorties

Les sorties seront au minimum celles de l’outil existant (plus les équations du modèle utilisé), sous forme de tableaux et graphiques Excel. Ces fichiers de sortie s’affichent après l’affichage du message ‘Simulation terminée’. L’utilisateur est libre de les sauvegarder (en dehors de l’application).

#### 2.1.5.2 Simulation avec des combinaisons de variables

L’utilisateur a aussi la possibilité de lancer plusieurs simulations prospectives en une seule fois : elles correspondent à la combinaison automatisée de différentes variables d’entrée.

Là aussi, l’utilisateur a la possibilité de sauvegarder ses saisies d’entrées et de les réutiliser : cela se fait de la même manière que dans le cas précédent (et n’est pas décrit de nouveau).

#### 2.1.5.2.1 Choix des variables qui varient

L’utilisateur coche les variables qu’il souhaite faire varier.

**SIMULATIONS avec combinaison de variables**

**Cochez les variables à faire varier !**

1 : Techniques culturales

Densité de semis       Variété     Régulateur de croissance  
 Dose d'engrais apportée       Nombre d'apports d'engrais

2 : Caractéristiques du milieu et histoire culturale

Nature du précédent cultural       Azote issu de la minéralisation de l'humus  
 Teneurs du sol : CaCo3       Argile       Matière organique  
 Relicat d'azote minéral sortie d'hiver  
Notes d'attaque :  Rouille brune     Rouille jaune     Oïdium

3 : Niveaux de rendement

Rendement potentiel de l'Isengrain     Rendement objectif

4 : Informations nécessaires au calcul de la marge

Prix :       Blé       Azote       Semence  
Coûts totaux :  herbicides utilisés     fongicides utilisés     insecticides utilisés     régulateurs utilisés

**Figure 10 : Choix des variables qui varient**

Il clique ensuite sur ‘Valider et choisir les valeurs des variables’.

#### 2.1.5.2.2 Saisie des valeurs et des intervalles de variation

Le clic sur 'Valider et définir les gammes de valeur' dirige l'utilisateur sur un formulaire de saisie des valeurs et des intervalles de variation. Pour chaque variable quantitative cochée sur le formulaire précédent l'utilisateur saisit un minimum, un maximum et un pas. Des minimum, maximum et pas par défaut sont pré remplis pour chaque variable. Pour les variables qualitatives l'utilisateur coche les valeurs qu'il souhaite utiliser. Pour les variables qu'il ne souhaite pas faire varier (non cochées dans le formulaire précédent), l'utilisateur saisit une seule variable.



### Figure 11 : Saisie des intervalles de variation

Si l'utilisateur veut revenir au formulaire précédent pour modifier ou consulter ses choix il clique sur 'Retour' : il revient alors au formulaire précédent, avec les données qu'il avait saisies.

Une fois renseignés les intervalles et pas de variation, l'utilisateur clique sur 'Lancer les simulations'. Des contrôles sont effectués sur les minimum et maximum.

Le clic sur 'Lancer les simulations' ouvre d'abord une boîte de dialogue qui signale à l'utilisateur le nombre de simulations qu'il va lancer, et le temps prévu pour leur exécution. Il a le choix de confirmer le lancement de la simulation ou de retourner au formulaire précédent (avec ses données).

#### 2.1.5.2.3 Consultation des sorties

Les sorties se présentent comme dans le cas précédent (fichiers et graphiques Excel), avec des sorties supplémentaires. Pour chaque type de sortie *un* fichier contient les données de *toutes* les combinaisons effectuées.

### 2.1.6 Interface d'évaluation du modèle

L'application permet aussi aux utilisateurs d'appliquer le modèle de simulation à des données expérimentales, pour comparer les résultats expérimentaux à ceux du modèle.

#### 2.1.6.1 Choix des données expérimentales

L'utilisateur peut utiliser des données expérimentales de diverses origines pour évaluer le modèle. Il choisit dans un premier temps les données qu'il souhaite utiliser en les cochant dans une liste qui présente l'origine et la description des données (cf. § Données expérimentales : seules certaines données lui sont accessibles).

#### 2.1.6.2 Lancement et suivi de l'évaluation

Il lance alors l'évaluation par clic sur le bouton 'Lancer l'évaluation'. Un message l'informe de la durée prévue de l'évaluation ; il peut alors la lancer ou l'annuler. Si il lance l'évaluation il est informé de son avancement et peut reprendre la main lorsqu'elle est achevée.

#### 2.1.6.3 Sorties

Les sorties comprennent le détail des résultats de la simulation (mêmes sorties que pour la simulation avec des combinaisons de variables : fichiers Excel). Elles comprennent aussi les données statistiques qui permettent d'évaluer le modèle : il s'agit du calcul de la qualité prédictive du modèle (RMSEP) et de tests de rang (Spearman).

### **2.1.7 Interface données expérimentales**

L'évaluation du modèle se fait en comparant les résultats du modèle à des résultats expérimentaux : ces résultats sont transmis à l'application par l'interface 'Données expérimentales'.

#### **2.1.7.1 Caractéristiques des données**

L'utilisateur renseigne l'adresse du fichier de données. Il précise qui en est le propriétaire : son entreprise ou le réseau auquel appartient son entreprise. Il précise à qui ces données seront accessibles : à tous ou seulement à leurs propriétaires. Une courte description des données lui est aussi demandée.

#### **2.1.7.2 Format des données**

Le format du fichier de données est analysé avant d'être accepté : il doit correspondre à un standard pour pouvoir être exploité par l'application. Il s'agit d'un fichier Excel dont les colonnes correspondent à l'année, au lieu (commune et département), aux variables d'entrées et aux variables de sorties. Un fichier modèle (avec les titres des colonnes) est téléchargeable à partir de la page. L'utilisateur doit lui-même le remplir.

#### **2.1.7.3 Mise en ligne et contrôle des données**

L'utilisateur met ses données en ligne en utilisant le bouton 'Mettre les données en ligne'. Elles deviennent alors utilisables (pour valider le modèle) uniquement aux utilisateurs autorisés par l'utilisateur (cf. § Caractéristiques). Les données sont contrôlées avant d'être stockées par l'application : contrôle de présence de toutes les variables, et de contenu (valeurs appartenant aux bons intervalles). Si il y a des anomalies elles sont signalées à l'utilisateur.

### **2.1.8 Interface de modification du modèle**

A partir de variables d'entrées et de paramètres, le modèle de simulation Betha calcule des variables de sorties (liste en annexe). Une interface accessible uniquement à M.-H. Jeuffroy, C. Loyce et L. Prost (identifiées par leurs login) leur permet de modifier les équations du modèle.

#### **2.1.8.1 Choix du modèle de travail**

M.-H. Jeuffroy, C. Loyce et L. Prost ont la possibilité de sauvegarder différentes versions du modèle Betha. La première étape pour ces utilisatrices est de choisir la version du modèle sur laquelle elles souhaitent travailler. Par défaut le modèle choisi est celui en vigueur pour l'utilisatrice.

#### **2.1.8.2 Choix des variables intermédiaires et des variables d'entrée**

Contrairement aux variables de sorties qui seront toujours les mêmes (même si leur calcul évolue), les variables intermédiaires et les variables d'entrée du modèle peuvent changer d'un modèle à l'autre.

L'utilisateur choisit quelles variables d'entrée il souhaite utiliser.

L'utilisateur choisit quelles variables intermédiaires existantes du modèle de travail il souhaite conserver. Il peut aussi en ajouter d'autres.

Le bouton 'Annuler' restitue la page dans son état initial. Le bouton 'Renseigner les équations' envoie l'utilisateur vers un formulaire où il saisit les équations des variables intermédiaires et de sortie.

### 2.1.8.3 Affichage des variables d'entrée et des paramètres utilisables dans les calculs

Une liste de toutes les variables et paramètres utilisables est visible par l'utilisateur : il doit utiliser les noms de ces variables et paramètres exactement comme orthographiés dans cette liste.

### 2.1.8.4 Saisie des équations

Pour chaque variable intermédiaire et de sortie l'utilisateur entre une équation permettant de la calculer. Les équations du modèle de travail sont affichées. *Remarque* : la saisie de schémas conditionnels (en fonction de valeurs prises par les variables et paramètres), et leur 'compréhension' par l'application ne sont pas simples à mettre en œuvre : un mode de saisie spécifique sera peut-être proposé.

## MODIFICATION DU MODELE

Variables d'entrée	Variables intermédiaires
<ul style="list-style-type: none"><li>• DSem</li><li>• Var</li><li>• SFon</li><li>• Reg</li><li>• DoseN</li><li>• NPassN</li><li>• Prec</li><li>• Nhumus</li><li>• TCaCO3</li><li>• Targile</li><li>• Tmo</li><li>• RSH</li><li>• Note_attaque_s</li><li>• Note_attaque_rb</li><li>• Note_attaque_rj</li><li>• Note_attaque_oi</li><li>• RdtIsengl</li><li>• Rdtobj</li><li>• PrixBlé</li><li>• PrixDoseN</li><li>• PrixSemence</li><li>• CoutHerbicide</li><li>• CoutFongicide</li><li>• CoutInsecticide</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nhumus* = <input type="text"/></li><li>• Nabsorbé_ss_apportN = <input type="text"/></li><li>• Dose_Azote_X (à garder ?) = <input type="text"/></li><li>• Rdt_accessible_Var = <input type="text"/></li><li>• QNabsorbé_opt = <input type="text"/></li><li>• DoseNopt = <input type="text"/></li><li>• QNabsorbé = <input type="text"/></li><li>• Rdt_accessible_Var_N = <input type="text"/></li><li>• Note_sens_var_se = <input type="text"/></li><li>• Note_sens_var_rb = <input type="text"/></li><li>• Note_sens_var_rj = <input type="text"/></li><li>• Note_sens_var_oi = <input type="text"/></li><li>• PertesRdt_maladies = <input type="text"/></li><li>• PertesRdt_maladies_et_Sfongicide = <input type="text"/></li></ul>
	<b>Variables de sortie</b>
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Rdt_réel = <input type="text"/></li></ul>

Figure 12 : Saisie des équations 1/2

• Rdtobj  
• PrixBlé  
• PrixDoseN  
• PrixSemence  
• CoutHerbicide  
• CoutFongicide  
• CoutInsecticide  
• CoutRegulateur  
• Q\_semences  
• NpassHerbicide  
• NpassFongicide  
• NpassInsecticide  
• NpassRegulateur

Variables de sortie

• PertesRdt\_maladies =  
• PertesRdt\_maladies\_et\_Sfongicide =  
• Rdt\_réel =  
• Taux\_protéines =  
• Marge =  
• Reliquat\_N\_Récolte =

Contrôler les équations

Appliquer les équations pour moi-même Annuler

Appliquer les équations à TOUS les utilisateurs

**Figure 13 : Saisie des équations 2/2**

#### **2.1.8.5 Contrôle des équations saisies**

Les équations doivent comprendre uniquement des expressions mathématiques et logiques (schémas conditionnels...), des valeurs numériques et les variables et paramètres tels que orthographiés sur la page : l'utilisateur doit le vérifier lui-même avec attention.

Le bouton 'Contrôler les équations' applique les équations saisies (à un lot quelconque de variables d'entrée). Si elles permettent de calculer toutes les variables de sortie un message 'Modèle valide !' s'affiche. Si il y a des erreurs la ou les équations concernées sont mises en évidence (fond coloré par exemple), et un message décrit l'erreur.

#### **2.1.8.6 Application locale du nouveau modèle**

Après avoir contrôlé la validité de la syntaxe des équations saisies, l'utilisateur peut appliquer ces équations *pour lui-même* : seul son user est concerné par la modification. Une confirmation est demandée à l'utilisateur avant l'application des nouvelles équations. Il est ensuite libre de tester son nouveau modèle dans l'interface d'évaluation du modèle (disponible pour tous les utilisateurs).

#### **2.1.8.7 Application à tous les utilisateurs**

Quand un modèle est jugé suffisamment satisfaisant par l'équipe de recherche pour être diffusé à l'ensemble des utilisateurs, les membres de cette équipe utilisent le clic sur 'Appliquer à TOUS les utilisateurs'. Selon la solution technique retenue (cf. § Fonctionnalités système), les équations seront appliquées automatiquement, ou des fichiers devront être transmis à tous les utilisateurs.

Une confirmation sera demandée avant l'application des modifications.

Tous les utilisateurs seront informés de la modification du modèle, avec la date à laquelle elle a eu lieu : un message 'Des modifications ont été apportées le jj/mm/aa au modèle Betha depuis votre dernière connexion' sera affiché sur la page d'accueil à leur prochaine connexion.

### 2.1.9 Modification des paramètres

Les paramètres sont des variables qu'on ne fait pas saisir par l'utilisateur lorsqu'il lance une simulation. Les paramètres ne sont modifiables que par les membres de l'équipe de recherche. Les modifications des paramètres sont appliquées à tous les utilisateurs. Les modifications sont signalées à tous les utilisateurs lors de leur prochaine connexion.

### 2.1.10 Ajout d'une variété de blé et des paramètres associés

M.-H. Jeuffroy, C. Loyce et L. Prost peuvent augmenter le choix possible de variétés de blé (c'est une variable d'entrée) : de nouvelles variétés sont disponibles chaque année. Pour chaque nouvelle variété divers paramètres doivent être renseignés. Les autres utilisateurs peuvent aussi ajouter leurs propres variétés de blé.

## 2.2 Fonctionnalités système

Le bon fonctionnement et le maintien de l'application repose sur un certain nombre de fonctionnalités système :

### 2.2.1 Modification des données personnelles

Un lien toujours présent en haut de page permet à l'utilisateur de modifier si il le souhaite son mot de passe et d'autres données.

### 2.2.2 Gestion d'utilisateurs et de profils d'utilisateurs

Un lien (toujours présent en haut de page) permet à M.-H. Jeuffroy, C. Loyce et L. Prost de créer de nouveaux utilisateurs, en leur attribuant un identifiant, un mot de passe, une entreprise et un réseau. Entreprises et réseaux peuvent aussi être créés.

## 3 CONTRAINTES

Les principales contraintes ayant une influence sur l'architecture et les fonctionnalités de l'application sont les suivantes :

- Capacité de l'INRA à héberger un serveur et une base de donnée (taille à spécifier).
- Capacité des utilisateurs à accepter la délocalisation de leurs données sur un serveur.
- Temps imparti au projet

## 4 TRAÇABILITE

Ce paragraphe mettra en relation tous les besoins identifiés et toutes les fonctionnalités décrites, pour vérifier que tous les besoins ont une réponse.

Besoin	Intitulé	Fonctionnalités	Intitulé
005	Application	f001	Connexion
		f002	Gestion des erreurs de connexion
		f003	Création d'utilisateurs
		f004	Modification du mot de passe
		f005	Accès à une aide
		f006	Déconnexion

		f007	Navigation dans l'application
		f008	Accessibilité aux interfaces différentes selon le type d'utilisateur
010	Interface de simulation	f010	Sauvegarde des variables d'entrée
		f011	Choix de sauvegardes de variables d'entrée
		f012	Suppression de sauvegardes
		f014	Affichage de valeurs par défaut
		f020	Saisie des entrées
020	Saisie des variables d'entrées	f021	Visualisation des valeurs par défaut modifiées
			Abandonné pour cette version de l'application
030	Saisie de variables intermédiaires		Abandonné pour cette version de l'application
040	Saisie facultative de groupes de variables	f045	Lancement de la simulation
045	Lancement de la simulation	f046	Boite de dialogue 'Suivi de la simulation'
046	Visibilité de l'état de l'exécution	f050	Interface spécifique
050	Combinaison de variations de variables d'entrée	f051	Choix des variables qui varient
		f052	Affectation des valeurs et des intervalles de variation
		f053	Sauvegarde des intervalles d'entrée
		f060	Contrôle de présence (intégré au contrôle de contenu)
060	Contrôle de présence des variables	f070	Contrôle de format des valeurs saisies (numériques)
070	Contrôle de vraisemblance des variables saisies	f071	Contrôle de contenu (appartenance à un intervalle)
		f072	Signalement des valeurs non valides
		f073	Affichage de l'intervalle exigé
		f080	Lancement de la simulation
080	Lancement de	f085	Boite de dialogue 'Suivi de la

	la simulation		simulation'
085	Visibilité de l'état de l'exécution	f090	Affichage des fichiers de sorties
090	Consultation des sorties	f100	Sauvegarde des données de sortie par l'utilisateur (sur son poste)
100	Sauvegarde des sorties	f110	Interface d'évaluation du modèle
110	Interface d'évaluation du modèle	f120	Choix entre les données fournies par l'équipe de recherche, des données personnelles et des données partagées
120	Choix des données d'évaluation du modèle	f130	Interface de récupération des données
130	Récupération de ces données	f140	Contrôle de format et de contenu à la récupération
140	Contrôle des données récupérées	f150	Lancement de l'évaluation
150	Lancement de l'évaluation du modèle	f155	Boite de dialogue 'Evaluation en cours'
155	Suivi de l'évaluation	f160	Affichage des fichiers de sorties
160	Affichage des sorties graphiques et numériques	f170	Sauvegarde possible par l'utilisateur (sur son poste)
170	Sauvegarde des sorties	f180	Interface de modification du modèle
180	Interface de modification du modèle	f190	Choix et création des variables intermédiaires
			Affichage de la liste des variables d'entrée et paramètres utilisables
190	Liste des variables utilisables	f200	Vérification du calcul sans erreur de toutes les sorties
200	Contrôle du calcul de toutes les sorties prévues	f210	Application locale possible
210	Application <u>locale</u> des nouvelles équations	f215	Application à tous possible
215	Transmission	f220	Interface spécifique pour l'ajout de

	des nouvelles équations <u>à tous</u>		variétés de blé
220	Visibilité des variables qualitatives auxquelles on peut ajouter des options	f230	Ajout de variété de blé et des paramètres associés
230	Ajout de nouvelle(s) variétés et des paramètres liés	f240	Interface spécifique
240	Modification de paramètres		

**Figure 14 : Fonctionnalités retenues – numérotation**

## **5 GLOSSAIRE**

### **5.1 Modèle agronomique**

Test de Spearman : test de rang

Test RMSEP : calcul de la qualité prédictive du modèle

### **5.2 Informatique**

SGBD : Système de Gestion de Base de Données. C'est un programme informatique gérant les bases de données.

## **6 ANNEXES**

*Dans ce paragraphe « Annexes », plusieurs parties de la version originale du document du projet BETHA, ont été remplacées par des « ... ».*

Les données de ces différentes annexes ont été fournies par M.-H. Jeuffroy et C. Loyce (UMR Agronomie INRA / AgroParisTech, Grignon): elles résultent de leurs travaux de recherche.

### **6.1 Modèle actuel**

#### **6.1.1 Le modèle agronomique**

##### **6.1.1.1 Estimation du rendement potentiel variétal**

$$(1) \text{Rdt\_accessible\_Var} = \text{RdtIseng1} * \text{drdt} * \text{Prod\_var\_Isen}$$

##### **6.1.1.2 Le module « azote et fertilisation azotée »**

$$(2) \text{Nabsorbé\_ss\_apport\_N} = \dots$$

...

(4)  $QN_{\text{absorbé\_opt}} = b * Rdt_{\text{accessible\_Var}}$

(5)  $DoseNopt = \dots$

(6a)  $QN_{\text{absorbé}} = \dots$  pour  $DoseN \leq DoseNopt$

(6b)  $QN_{\text{absorbé}} = \dots$  pour  $DoseN > DoseNopt$

...

### 6.1.1.3 Le module « maladies et protection fongicide »

...

#### 6.1.1.4 Estimation du rendement réel, de la teneur en protéines et du reliquat d'azote minéral dans le sol à la récolte

...

(13a)  $Reliquat\_N\_Récolte = n2$  si  $DoseN \leq DoseNopt$

(13b)  $Reliquat\_N\_Récolte = \dots$  si  $DoseN > DoseNopt$

### 6.1.2 Les relations pour le calcul de la marge

...

(16)  $Marge = \dots$

## 6.2 Variables d'entrée

### 6.2.1 Les techniques culturales appliquées au blé (qui décrivent l'itinéraire technique)

#### 6.2.1.1 Variables qualitatives

Sigle	Signification	Liste
D <sub>Sem</sub>	Densité de semis	A (densité élevée) B (densité réduite par rapport à A)
Var	Variété	Isengrain, Charger, Apache, ...
S <sub>Fon</sub>	Stratégie de protection fongicide (contre les maladies)	F0 : Pas de traitement ... F15 : Protection réduite à un traitement ( $t = 0.5$ ) ... F23 : Protection préventive à deux traitements ( $0.3 < m < 1.2$ ; $1.25 < t < 2$ ) ...
...	...	...

...

#### 6.2.1.2 Variables quantitatives : la fertilisation azotée du blé

Sigle	Signification	Min-max (possible au plan agronomique = agron)	Min-max (correspondant au domaine de validité du modèle = valid)	Unité
DoseN	Dose d'engrais azoté apportée		...	kg/ha
...	...		...	...

## 6.2.2 Caractéristiques du milieu et histoire culturelle

### 6.2.2.1 Variables qualitatives : le précédent culturel

Sigle	Signification	Liste
Prec	Nature du précédent culturel	Colza ; Pois ; Lin ; ...*

\*cette liste peut être amenée à être augmentée

### 6.2.2.2 Variables quantitatives : caractéristiques physico-chimiques du sol et importance des maladies (septoriose, rouille brune, ...)

Sigle	Signification	Min-max (possible au plan agronomique = agron)	Min-max (correspondant au domaine de validité du modèle = valid)	Unité
...	...			...
T <sub>mo</sub>	Teneur en matière organique du sol			%
...	...		...	...
Note_attaque_se	Note d'attaque en septoriose	[0 8]	[0 8]	-
Note_attaque_rb	Note d'attaque en ...	...	...	...
...	...	...	...	...

Les notes d'attaques pour les différentes maladies sont à relever sur une variété sensible à la maladie et en l'absence de protection fongicide

...

### 6.2.3 Les niveaux de rendement potentiels et objectifs (variables quantitatives)

Sigle	Signification	Min-max (possible au plan agronomique = agron)	Min-max (correspondant au domaine de validité du modèle = valid)	Unité
RdtIseng1	Rendement potentiel de la variété Isengrain			q/ha
...	...			...

### 6.2.4 Informations nécessaires pour le calcul de la marge (variables quantitatives)

Sigle	Signification	Min-max (possible au plan agronomique = agron)	Min-max (correspondant au domaine de validité du modèle = valid)	Unité
PrixBlé	Prix de vente du blé			euros/t
PrixDoseN	Prix d'un kg d'azote			euros/kg
...	...	...	...	...

## 6.3 Variables de sortie

Sigle	Signification	Min-max	Min-max	Unité
-------	---------------	---------	---------	-------

		(possible au plan agronomique = agron)	(correspondant au domaine de validité du modèle = valid)	
Rdt_réel	Rendement obtenu par une variété donnée et pour un itinéraire technique donné			q/ha
Taux_protéines	Teneur en protéines des grains		[8 17.5]	%
Marge	Marge semi-nette (incluant les coûts de passage)			euros/ha
Reliquat_N_Récolte	Reliquat d'azote minéral dans le sol à la récolte		[41 140]	kg/ha

#### 6.4 Variables intermédiaires (variables quantitatives)

...

Sigle	Signification	Min-max (possible au plan agronomique = agron)	Min-max (correspondant au domaine de validité du modèle = valid)	Unité
...	...			...
Nabsorbé_ss_apportN	Quantité d'azote absorbé en l'absence d'apport d'engrais azoté (donne une estimation des fournitures du sol en azote)		[96 168]	kg/ha
...	...		...	...
Rdt_accessible_Var	Rendement variétal potentiel Rdt_accessible_Var		[47 125]	q/ha
QNabsorbé_opt	Quantité d'azote absorbée par le blé optimale (permettant d'atteindre le rendement variétal potentiel Rdt_accessible_Var)		...	kg/ha
DoseNopt	Dose d'engrais azoté apportée optimale (permettant d'atteindre la quantité d'azote absorbée par le blé optimale Qnabsorbé-opt)		...	kg/ha
QNabsorbé	Quantité d'azote absorbée par le blé pour une dose d'engrais apportée DoseN		...	kg/ha
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...

...

## 6.5 Paramètres

### 6.5.1 Les paramètres variétaux (productivité, note de résistance aux maladies, précocité) – (variables quantitatives)

Sigle	Signification	Min-max (possible au plan agronomique = agron)	Min-max (correspondant au domaine de validité du modèle = valid)	Unité
Prod_var_Isen	Productivité de la variété par rapport à la variété Isengrain			-
...	...	...	...	...

Valeurs prises par les paramètres variétaux

Variété	6.6 Prod_var_Isen	Note_res_var_se	Note_res_var_rb	Note_res_var_rj	Note_res_var_oi	Note_prec_var_ep
Isengrain	1,00	4	3	5	5	5,5
Charger	1,00	5	7	...	...	...
Apache	0,96	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...

### 6.6.1 Paramètre intervenant dans le calcul du rendement potentiel (effet densité de semis drdt) – variable quantitative

Sigle	Signification	Min-max (possible au plan agronomique = agron)	Min-max (correspondant au domaine de validité du modèle = valid)	Unité
drdt	Effet de la densité de semis sur le rendement potentiel		[0.95 1]	-

Valeurs prises par drdt

DSem (densité de semis)	A	B
drdt	1	0.95

### 6.6.2 Paramètres intervenant dans le module « azote et fertilisation azotée » (variables quantitatives)

Sigle	Signification	Valeur	Unité
B	Besoins en azote du blé	3	kg/q
...	...	...	...
Nprécédent	Quantité d'azote minéral issu de la minéralisation des résidus de la culture précédente	Cf tableau suivant	kg/ha

Valeurs prises par Nprecedent

Nature du précédent cultural Prec	Nprécédent
Colza	20
Pois	...
...	...

**6.6.3 Paramètres intervenant dans le module « maladie et protection fongicide » (variables quantitatives)**

Sigle	Signification	Valeur	Unité
pdsem	Effet de la densité de semis sur les pertes de rendement liées aux maladies	0 pour DSem=A -0.014 pour DSem=B	-
...	...	...	
psfon	Effet de la stratégie de protection fongicide sur les pertes de rendement	Voir tableau plus bas	-

Valeurs prises par psfon

Stratégie de protection fongicide	psfon
Sfon	
F0	1
...	...
F15	...
...	...

**6.6.4 Paramètres pour le calcul de la teneur en protéines (p1, p2 et p3) et du reliquat d'azote minéral dans le sol à la récolte (n1 et n2)**

Sigle	Signification	Valeur	Unité
...	...	...	...
n2	Paramètre intervenant dans l'estimation du reliquat d'azote minéral dans le sol à la récolte	41	-

**6.6.5 Paramètres pour le calcul de la marge (variables quantitatives)**

Sigle	Signification	Valeur	Unité
...	...	...	...

...