# Modèle de gestion d’une exploitation agricole

Ce document décrit les caractéristiques d’une exploitation agricole à prendre en compte lors de la modélisation et de la simulation.

## Description structurelle d’une exploitation agricole

Une exploitation agricole est composée d’un ensemble de surfaces agricoles, chacune affectée à un atelier particulier : grande culture (culture du blé, maïs, etc.), élevage ovin ou élevage bovin.

Une surface agricole pour les grandes cultures peut être décomposée en parcelles agricoles (les champs), chacune pouvant être irriguée (SAU irriguée) ou non (SAU non irriguée).

Une surface agricole pour l’élevage (appelé surface agricole fourragère) peut elle aussi être décomposée en parcelles agricoles.

Ci-dessous un exemple :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| SAU pour grande culture | | Surface fourragère |
| SAU irriguée | SAU non irriguée |  |
| 60 ha | 20 ha | 100 ha |
| 5 parcelles de 12 ha | 4 parcelles de 5 ha | 10 parcelles 10ha |

Une exploitation agricole dispose de moyens humains et matériels qui sont mobilisés pour assurer les activités inhérentes aux 3 ateliers. Pour simplifier, on raisonnera uniquement sur le nombre d’ouvriers agricoles qui travaillent sur l’exploitation (p. ex., 2) et sur le nombre de tracteurs disponibles sur l’exploitation (p. ex., 1).

## Description fonctionnelle des travaux agricoles

Chaque atelier requiert un certain nombre de travaux agricoles périodique, qui peuvent être quotidiens (p. ex., alimenter le troupeau), annuels (p. ex., on sème une culture une seule fois par an), etc. Ces travaux nécessitent de mobiliser des moyens humains et matériels.

## Atelier ovin :

On considèrera par exemple les activités suivantes :

* alimentation des animaux, activité quotidienne qui mobilise une personne sur une ½ journée. (nom de l’activité ALIMENTATION)
* Surveillance des agnelages, activité qui n’a lieu qu’une fois dans l’année, qui dure une semaine au printemps et qui mobilise 1 personne à temps plein. (nom de l’activité SURVEILLANCE\_AGNELAGE)

## Atelier bovin :

On considèrera par exemple les activités suivantes :

* alimentation des animaux, activité quotidienne qui mobilise une personne sur une ½ journée. (nom de l’activité ALIMENTATION)
* Traite des animaux, activité quotidienne, 10 mois de l’année (de mars à décembre), qui mobilise une personne sur une ½ journée (nom de l’activité TRAITE)
* Surveillance des vêlages, activité qui n’a lieu qu’une fois dans l’année, qui dure une semaine début décembre et qui mobilise 1 personne à temps plein. (nom de l’activité SURVEILLANCE\_VELAGE)

## Atelier grande culture :

Les parcelles irriguées peuvent accueillir la culture du maïs, tandis que les parcelles non irriguées peuvent accueillir la culture du blé et du maïs.

Par exemple : *Sur les parcelles irriguées on plante chaque année du maïs. Sur la moitié des parcelles non irriguées, on cultive du blé et sur l’autre moitié du sorgho.*

NB : Une parcelle sur laquelle on a planté du sorgho l’année N sera plantée en blé l’année N+1, et vice versa.

Chaque culture est conduite suivant un itinéraire technique type qui correspond à un ensemble d’activités agricoles (labour, semis, fertilisation …) qui s’enchaînent dans le temps et qui mobilisent des moyens humains et matériels. Un itinéraire technique est formalisé ainsi :

* C’est un ensemble d’activités. Pour simplifier on ne considèrera que les activités : LABOUR, SEMIS, IRRIGATION, FERTILISATION, RECOLTE.
* Il peut y avoir plusieurs instances de la même activité au cours d’une année culturale (exemple il y a plusieurs IRRIGATION ou FERTILISATION pour une parcelle)
* On peut spécifier des contraintes d’ordonnancement entre les activités : exemple : une activité RECOLTE ne peut avoir lieu qu’après un SEMIS.
* on considère qu’une activité de l’atelier grande culture se déroule en 1 jour.
* on considère qu’une activité de l’atelier grande culture mobilise 1 personne et 1 tracteur (sauf l’irrigation qui ne nécessite pas de main d’œuvre).
* Pour chaque activité on spécifie une fenêtre temporelle [date min, date max] dans laquelle doit obligatoirement se dérouler l’activité.
* Pour chaque activité on spécifie une ou plusieurs règles d’activation, qui vont effectivement déclencher l’activité au sein de la fenêtre temporelle. Dés qu’une des règles est vraie (et que les ressources sont disponibles) l’activité est déclenchée.
* Une règle d’activation est basée sur une conjonction de prédicats, les prédicats sont calculés sur la base de l’état du système. Exemple : Règle1\_SEMIS = « température du jour > 6 °C » && « il n’a pas plu le jour précédent ».

Ci-dessous, des itinéraires techniques types pour les 3 cultures du cas d’étude :

**Maïs irrigué**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Activité | Fenêtre temporelle | Règles |
| LABOUR | 1 janv-28 fév |  |
| SEMIS | 15 mars-15 avril | R1 : (pas de pluie les 3 jours précédents) && (température du jour > 10°C) ou t >= 14 avril |
| IRRIGATION | 15 juin-15 août  Activité récurrente toutes les semaines | R1 : basée sur la section 4 et qui est fonction de l’état hydrique de la parcelle |
| FERTILISATION | 15 mars – 15 juin | R1 : (1 mois après le semis) && (pas de pluie la veille) |
| RECOLTE | 1 sept – 30 sept | R1 : (maturité du grain, i.e.10 jour après avoir atteint LAI(t) =Lmax) ou t >= 29 sept |

**Blé**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Activité | Fenêtre temporelle | Règles |
| LABOUR | 1 sept-30 sept | R1 : (pas de pluie les 3 jours précédents) |
| SEMIS | 1 oct – 31 oct | R1 : (pas de pluie les 3 jours précédents) && (temp > 5°c) ou t >= 30 octobre |
| FERTILISATION | 1 fév-28 fév | R1 : (1 mois après le semis) && (pas de pluie la veille) |
| RECOLTE | 1 juin-30 juin | R1 : (maturité du grain, i.e. 10 jours après avoir atteint LAI(t) =Lmax) ou t >= 29 juin |

**Sorgho**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Activité | Fenêtre temporelle | Règles |
| LABOUR | 1 janv- 30 mars | R1 : (pas de pluie les 3 jours précédents) |
| SEMIS | 1 mai – 15 mai | R1 : (pas de pluie les 3 jours précédents) && (temp > 5°c) ou t >= 14 mai |
| RECOLTE | 1 oct- 15 oct | R1 : (maturité du grain) ou t >= 14 octobre |

## Description de l’évolution de la biomasse

La biomasse évolue entre le semis et la récolte d’une culture donnée. Pour cela, on calcule chaque jour deux grandeurs (ou variables d’état) : la biomasse notée U et l’index de surface foliaire noté LAI. La croissance journalière d’une plante (et donc l’évolution de la biomasse) est fonction de la température moyenne du jour et du rayonnement lumineux moyen du jour. On note U(t) la valeur de U au jour t de la simulation, T(t) la température moyenne du jour, PAR(t) le rayonnement lumineux moyen du jour t. T(t) et PAR(t) sont deux grandeurs issues d’une série climatique (voir documents fournis). Les grandeurs Eb (Radiation use efficiency) , Eimax (Max ratio of intercepted to incident radiation), K (Coefficient of extinction), Lmax (Maximal value of LAI), A (Coefficient of LAI increase), B (Coefficient of LAI decrease), TI (Temperature threshold) sont les paramètres des équations (1) et (2) exprimant la dynamique d’évolution de la biomasse et de l’index de surface foliaire. Les valeurs de ces paramètres sont fournies dans le tableau ci-dessous).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Maïs | Blé | Sorgho |
| Eb (g/MJ) | 1.85 | 1.85 | 1.85 |
| Eimax | 0.94 | 0.94 | 0.94 |
| K | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| Lmax | 5 | 6.5 | 4.5 |
| TI | 900 | 900 | 900 |
| A | 0.0065 | 0.0065 | 0.0065 |
| B | 0.00205 | 0.00205 | 0.00205 |

* U(t+1) = U(t) + Eb Eimax( 1 – e-K LAI(t) ) PAR(t) (1)
* LAI(t) = Lmax ( 1 / ( 1 + e –A( ST(t) –TI )) - e B ( ST(t) – Tr) ) (2)
* ST(t+1) = ST(t) + T(t) (3)
* Tr = (1/B) log(1 + eA\*TI), (4)

NB : Jusqu’au semis, U(t) = 0, LAI(t) = 0 et ST(t) = 0. *Exemple : on sème la culture le 15 avril et on récolte le 15 octobre. Donc, U(t) = 0,* LAI(t) = 0 et ST(t) = 0 *jusqu’à t=15 avril.*

## Description de la règle d’irrigation[[1]](#footnote-1)

Les quantités d’eau quotidienne à apporter à une parcelle irriguée (donc de maïs) sont calculées chaque jour en fonction de la règle suivante.

Calcul du déficit hydrique fw(t) :



avec :

E(l) = évaporation du jour l (issue de la série climatique)

P(l) = pluie du jour l + apport d’eau par irrigation du jour l (issue de la série climatique)

k = fenêtre rétrospective de calcul du déficit *(paramétrée par défaut : k=15 jours).*

La règle est la suivante : SI fw(t) > fw(i) ALORS déclenchement de l’irrigation le jour t avec apport de la dose d’eau « Dose ».

Avec :

fw(i) = déficit climatique (DC) critique ou seuil de déclenchement de l’irrigation *(paramétré par défaut à fw(i)=60 mm).*

Dose = dose d’eau d’irrigation en mm *(paramétrée par défaut à 40 mm).*

Le calcul de fw(t) est réalisé tous les jours même si l’acte d’irrigation a déjà été effectué et si le seuil fw(i) est à nouveau franchi, un nouvel acte d’irrigation est effectué.

**Impact sur la culture (la croissance de la biomasse) :** Si au jour t on ne peut pas apporter la dose d'irrigation nécessaire, l’accroissement journalier de la biomasse ( Eb Eimax( 1 – e-K LAI(t) ) PAR(t)) )  est pondéré par un coefficient de stress hydrique dont la valeur par défaut est établi à 0.5. Les causes possibles qui font qu’on ne puisse pas apporter la quantité d’eau nécessaire aux cultures concernent : le dépassement du quota d’eau alloué à l’agriculteur ou le fait que la quantité d’eau dans le barrage est inférieure à un seuil donné : ½ Qmax (avec Qmax = quantité d’eau du barrage en janvier). Qmax est une donnée d’entrée du modèle qui varie entre 106 et 5.106 suivant les années.

## Description de la consommation d’eau lors de l’irrigation

Chaque année en janvier, l’agriculteur contractualise avec le gestionnaire de bassin versant un contrat qui est en fait un volume d’eau annuel en m3 que l’agriculteur aura le droit d’utiliser pour irriguer. Le gestionnaire de bassin versant accordera une quantité d’eau à l’agriculteur en fonction du volume demandé par l’agriculteur, sous réserve qu’il y ait une quantité d’eau disponible suffisante dans le barrage (Qmax) pour répondre aux demandes de 10 agriculteurs, et sachant qu’il n’est pas possible d’avoir en cours d’année un niveau de barrage trop bas à savoir inférieur à Qmax/2 .Exemple : l’agriculteur veut irriguer 10 ha de maïs suivant la règle d’irrigation exprimée ci-dessus (supposons qu’au final cela corresponde à 5 activités IRRIGATION) il lui faudra 20 000 m3 d’eau (10ha = 100 000 m2, si sur ces 10 ha, on réalise 5 irrigations correspondant à une dose de 40mm d’eau par irrigation, cela représente 100000 \* 5 \* 0.04 = 20 000 m3 d’eau.

1. pour le maïs uniquement, les autres cultures n’étant pas irrigué [↑](#footnote-ref-1)