CARREFOURS
DE L'INNOVATION AGRONOMIQUE

Utilisation de l'indicateur I-PHY comme outil d'aide à la décision en verger d'agrumes à la Réunion

Le cas de la Lambda cyhalothrine

F. Le Bellec, A. Vélu, S. Le Squin et T. Michels
CIRAD - Réunion

INRA
SCIENCE & IMPACT

Éléments de contexte : les agrumes à la Réunion

Culture de diversification importante…

Notamment pour atteindre une plus grande autonomie de production locale, diversification de la trésorerie des producteurs (400 ha, 230 producteurs)…

et rémunératrice.

Marché local porteur (± 1.5 €/kg) et demandeur (l'offre ne couvre pas la demande : ±6.000 t produites et autoconsommées, ± autant d'importées).

Mais, un cortège bio-agresseurs importants …

Ravageurs directes (teigne des fleurs, acariens…), ravageurs vecteurs de maladies (pucerons/tristéza…), maladies virales, bactériennes et fongiques…

qui conduit à une utilisation importante de produits phyto

En réponse au plan Ecophyto : Comment aider les producteurs à limiter les impacts environnementaux liés à l'usage de ces pesticides ?

Éléments de contexte : les agrumes à la Réunion

- **Projet en partenariat portant sur la définition et la validation de modes de conduites innovants pour des productions fruitières tropicales (mangues, ananas, agrumes)** : ECOFRUT financé par le FEADER Réunion

ECOFRUT

- Vise à optimiser l'efficience des intrants et l'emploi des ressources naturelles telles que l'eau et à privilégier la fertilisation organique tout en optimisant la qualité de la production.
- Vise à contrôler de manière agro-écologique ou avec **un faible impact environnemental** les bio-agresseurs des cultures.
- Propose d'élaborer ou d'adapter des **outils d'évaluation des impacts** de ces innovations sur l'environnement et la durabilité des systèmes de production et d'identifier les conditions de leur appropriation par les producteurs.

INRA SCIENCE & IMPACT

CARREFOURS DE L'INNOVATION AGRONOMIQUE

Indicateur d'évaluation de l'impact des pesticides sur l'environnement : I-PHY de la méthode Indigo

- **Pourquoi I-PHY ?**

Indicateur robuste prenant en compte les caractéristiques des substances actives (sa), de la parcelle et des conditions d'utilisation.

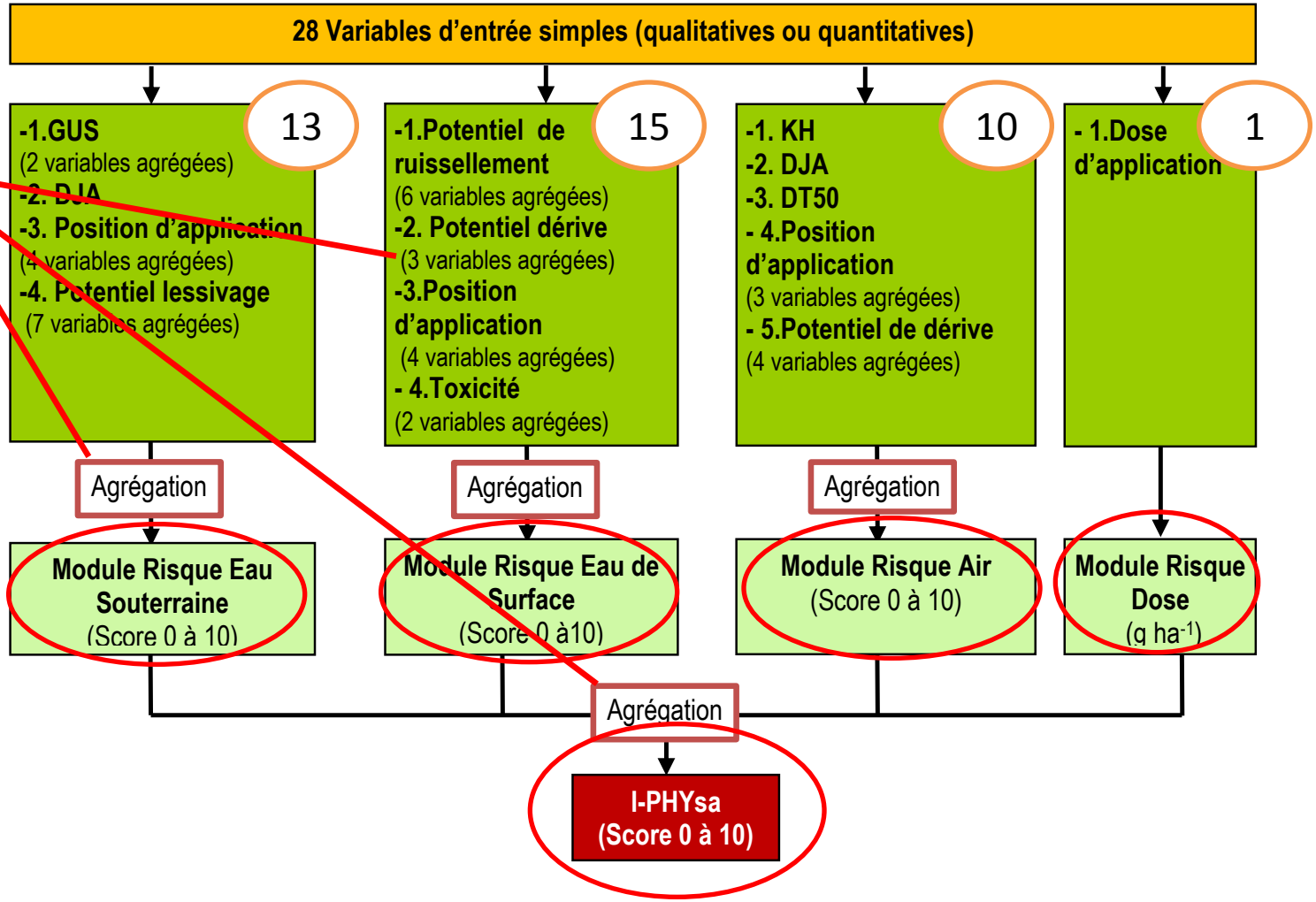
- **I-PHY en tant qu'outil d'aide à la décision (OAD), oui mais…**

Le score I-PHYsa est lisible *(score sur une échelle de 0 à 10 où 7 et + est à atteindre)* mais il est difficile d'apprécier précisément le poids des 28 variables d'entrée constitutives de ce score *(construction du score selon un système expert).*

Structuration d'I-PHY

- Plusieurs niveaux d'agrégation

(certaines variables mobilisées plusieurs fois)



- 4 modules de risque

- 1 score agrégé I-PHYsa (sa : substance active)

Comment faire d'I-PHY un véritable OAD ?

- **Notre démarche s'appuie sur :**

- La construction d'arbres de régression pour visualiser la hiérarchisation des variables selon leurs influences et leurs interactions en vue d'identifier les principaux leviers techniques permettant de limiter l'impact du pesticide sur l'environnement.

Cas d'étude – l'utilisation de la *Lambda cyhalothrine* chez 3 agrumiculteurs

- **Sur les 28 variables nécessaires au calcul d'I-PHYsa, 12 sont connues :**

- 6 caractéristiques de la substance active : KH, DT50, DJA, Koc, Aquatox et la dose d'utilisation (source des données : Footprint)

- 6 caractéristiques du sol.

Caractéristiques	Sol 1	Sol 2	Sol 3
Type de sol	Limoneux	Argileux	Limoneux
Profondeur du sol	60-90 cm	30-60 cm	90-120 cm
pH	6.5	6.5	5.1
Matière organique (%)	4.5	4	8
Argile gonflante	non	non	non
Pente	0-2 %	5-10 %	2-5 %

Cas d'étude – *Lambda cyhalothrine – chez 3 a*grumiculteurs

- **Pour les 16 variables restantes :**

- *4 variables bloquées sur les conditions d'utilisation observées ou réglementaires*
- 12 variables pour créer des scénarios d'utilisation selon les conditions défavorable ou favorable des variables : 4096 scénarios testés (2^12) * 3 sols.

Variables	Classe favorable	Classe défavorable
1. Le sol est-il filtrant ?	Non	oui
2. Distance de la parcelle à un point d'eau	> 15 m	< 5 m
3. Etat du point d'eau	Sec	En eau
4. Saison du traitement	Sèche	Humide
5. Nombre de jours sans pluie (>5mm)	>DT50	0
6. Couverture du sol	Total	Sol nu
7. Taux de couverture sol	100 %	0 %
8. Nombre de décade sans fauche avant le traitement	>4	< 1

Variables	Classe favorable	Classe défavorable
9. Nombre de décade sans désherbage avant le traitement	>4	< 1
10. Bande enherbée non cultivée en bas de parcelle	>12 m	< 6 m
11. Mode d'application	Lance	Atomiseur
12. Type de buse du pulvérisateur	Autres buses	Fente classique
13. Cache anti-dérive	*oui*	*non*
14. Entretien du matériel	*oui*	*non*
15. Position d'application du pesticide	*Sur la plante*	*Dans le sol*
16. Présence de drain	*non*	*oui*

Cas d'étude – *méthode d'analyse*

- **Pour réaliser l'analyse :**

- Utilisation d'I-PHY version Agrumes reprogrammée sous Access® pour automatiser les boucles (scénarios).
- Mesure des gains des 12 variables. Ce gain correspond à la différence des scores I-PHYsa entre 2 scénarios où seule change la variable étudiée sous R®.
- Construction d'arbres de régression pour visualiser la hiérarchisation des variables selon leurs influences et leurs interactions par la méthode CART (package *rpart* de R®).
- Calcul de l'importance des variables dans la construction de l'arbre.

Cas d'étude – *résultats*

- **Scores I-PHYsa (échelle de 0 à 7, où 7 et + sont à atteindre) :**

- Scores moyens varient peu d'un sol à l'autre, de 6.24 à 6.32
- Scores min (*les scénarios des plus mauvaises conditions d'application)* de 4.49 à 4.95
- Scores max (*les scénarios des meilleurs conditions d'application)* = 6.96

➔ Scores proche du niveau acceptable (mais en dessous) pour les 3 sols
➔ Marge de progrès (I-PHYsa max-I-PHYsa min) de 2.01 à 2.48 selon le sol
➔ Marge de progression faible mais à atteindre compte tenu du score maximum possible.

- **Dans les conditions d'étude, quelles variables permettent de faire progresser ces scores ?**

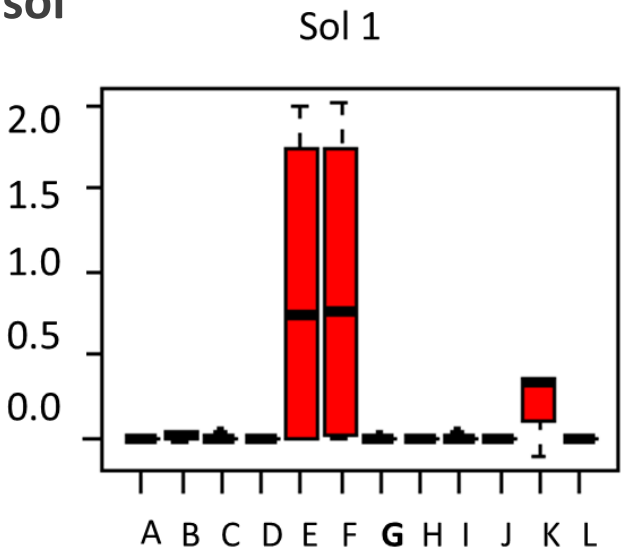
Cas d'étude – *résultats*

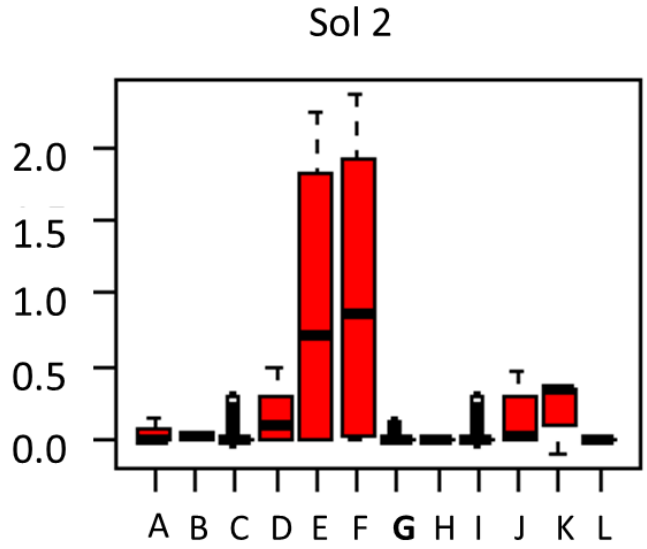
- **Importance des variables sur la construction du score I-PHYsa (selon un index de 0 à 100)**

Variables	Index (0 à 100)	Variables	Index (0 à 100)
A : Bande enherbée	0,41	G : Fauche	0,35
B : Type de buse	0,41	H : Filtrant	0
C : Désherbage	0,37	I : Couverture %	0,38
D : Couv-sol	1,43	J : Pluie	1,20
E : Dist-eau	**100**	K : Mode	**6,25**
F : Etat-eau	**99,58**	L : Saison	0

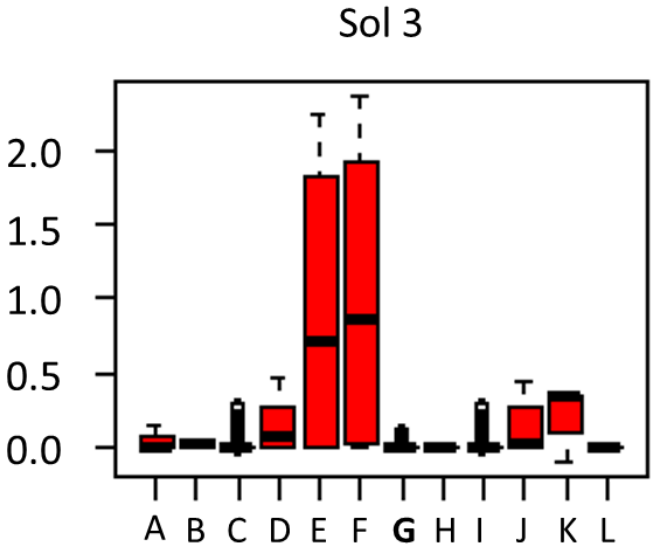
Cas d'étude – *résultats*

- **Gains sur le score I-PHYsa en fonction des conditions favorables des différentes variables par sol**



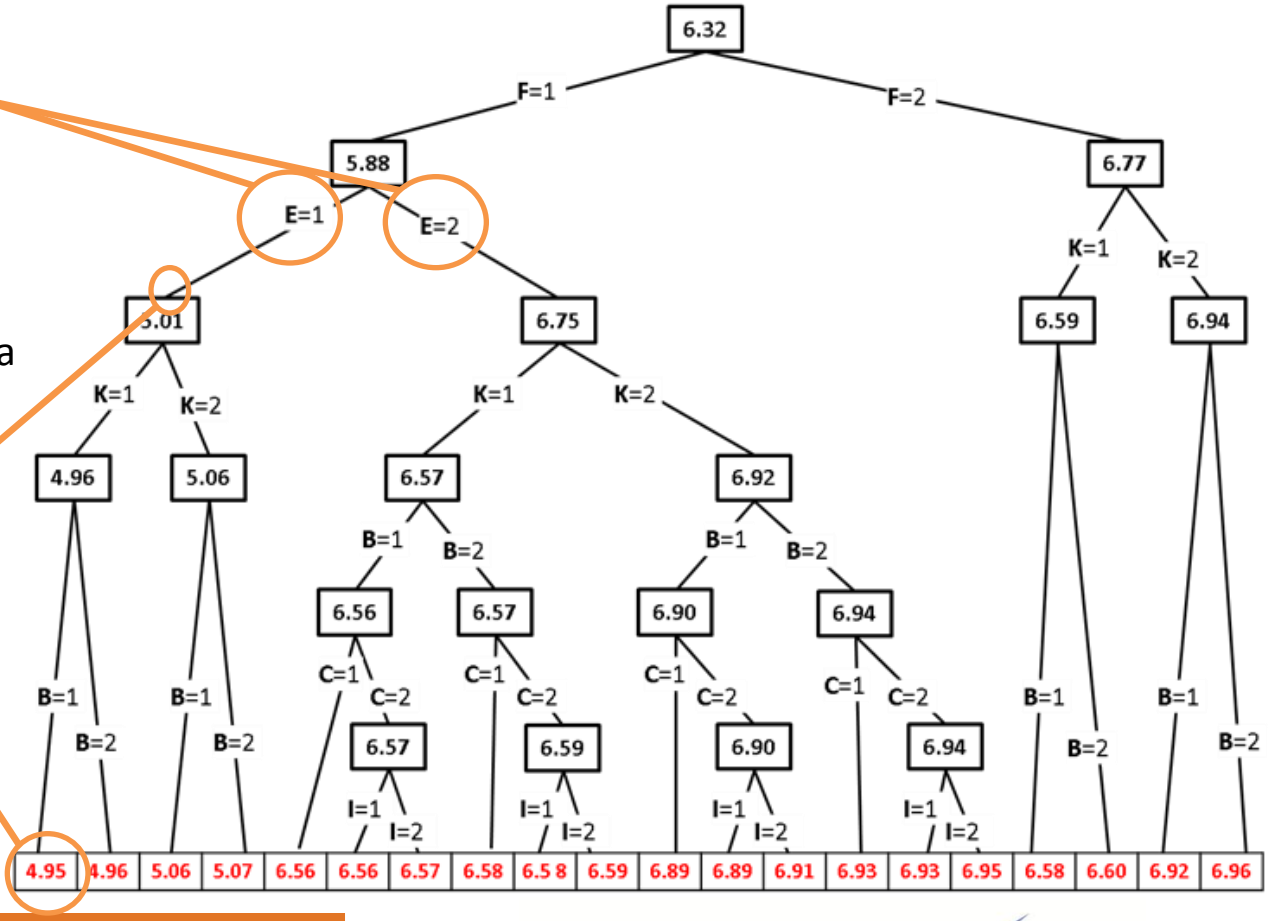


A : Bande enherbée	**G : Fauche**
B : Type de buse	**H : Filtrant**
C : Désherbage	**I : % de Couverture**
D : Couv-sol	**J : Pluie**
E : Dist-eau	**K : Mode**
F : Etat-eau	**L : Saison**



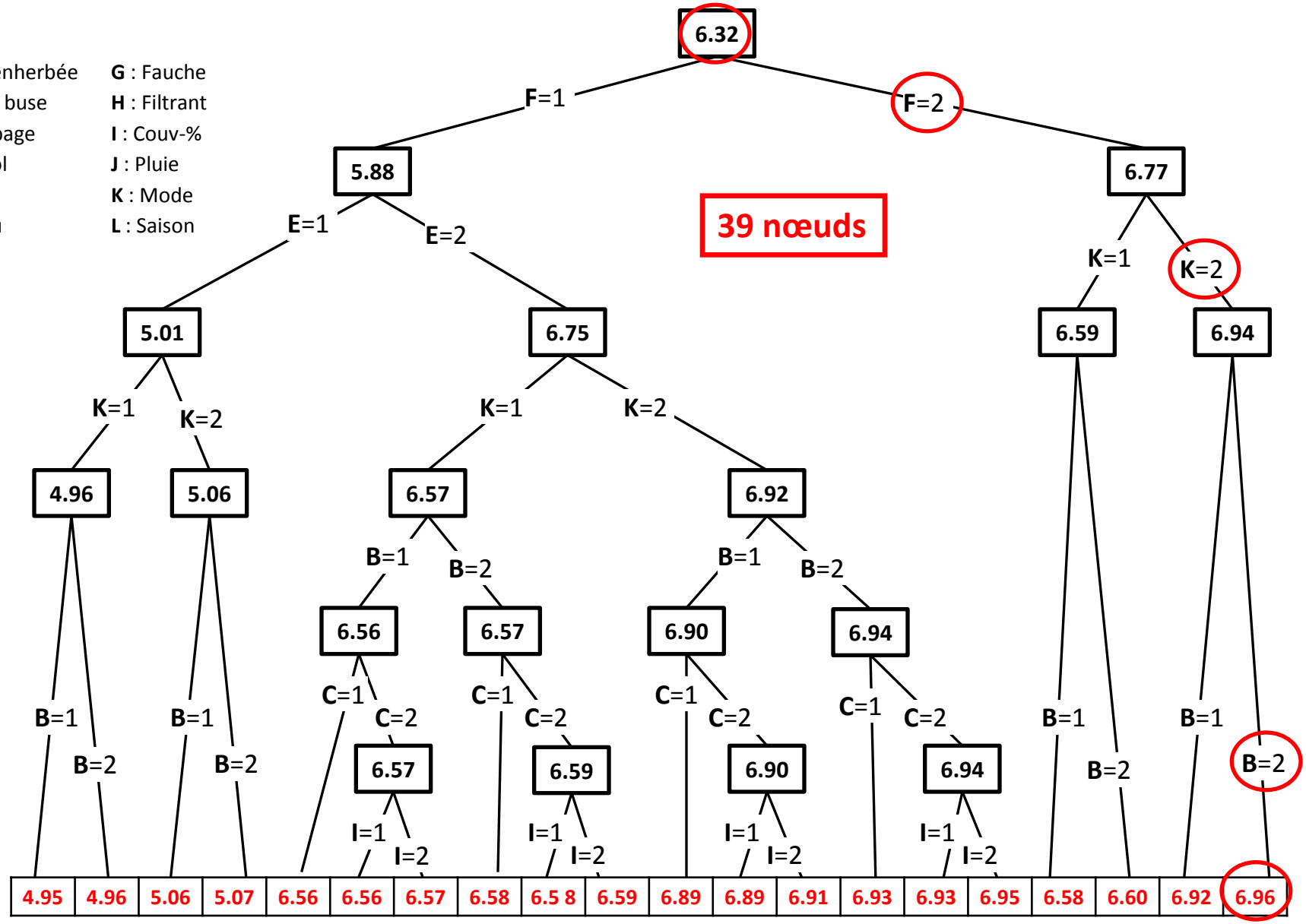
Arbre de régression déterminant les variables d'importance dans la construction du score I-PHYsa pour la lambda-cyhalothrine

- **P**rocédure itérative de construction de l'arbre qui permet de rechercher, pour chaque variable, une règle de division binaire (condition favorable (2) ou défavorable (1)) permettant de partager les observations initiales en deux sous-ensembles (la meilleure division est celle qui minimise la somme des déviances intra-classes).
- Les sous-ensembles sont appelés des nœuds.
- On réitère cette procédure aux deux nœuds fils obtenus, jusqu'à obtention de sous-ensembles ayant très peu d'observations.



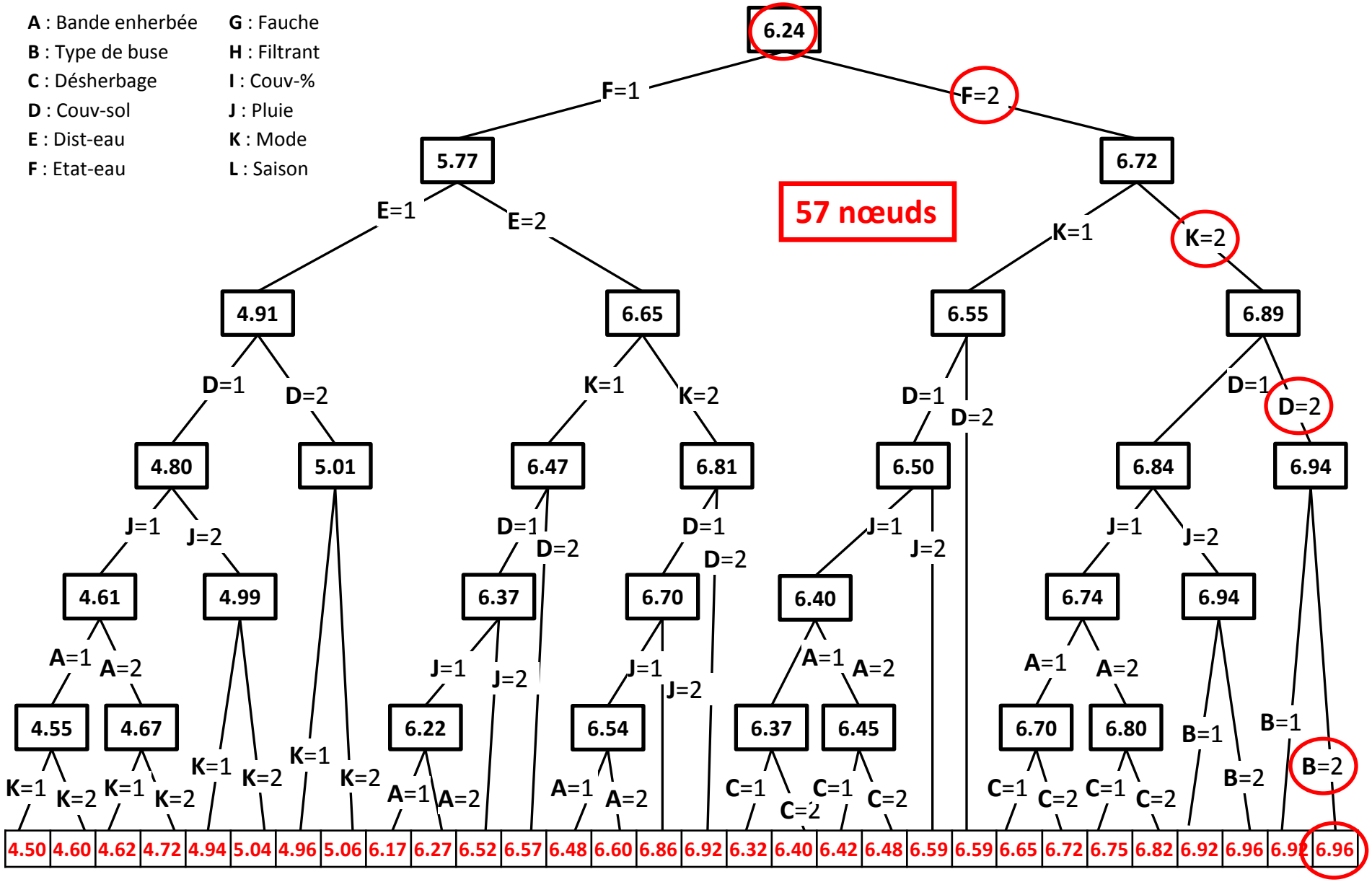
Arbre de régression déterminant les variables d'importance dans la construction du score I-PHYsa pour la lambda-cyhalothrine sur le sol 1

A : Bande enherbée
B : Type de buse
C : Désherbage
D : Couv-sol
E : Dist-eau
F : Etat-eau
G : Fauche
H : Filtrant
I : Couv-%
J : Pluie
K : Mode
L : Saison



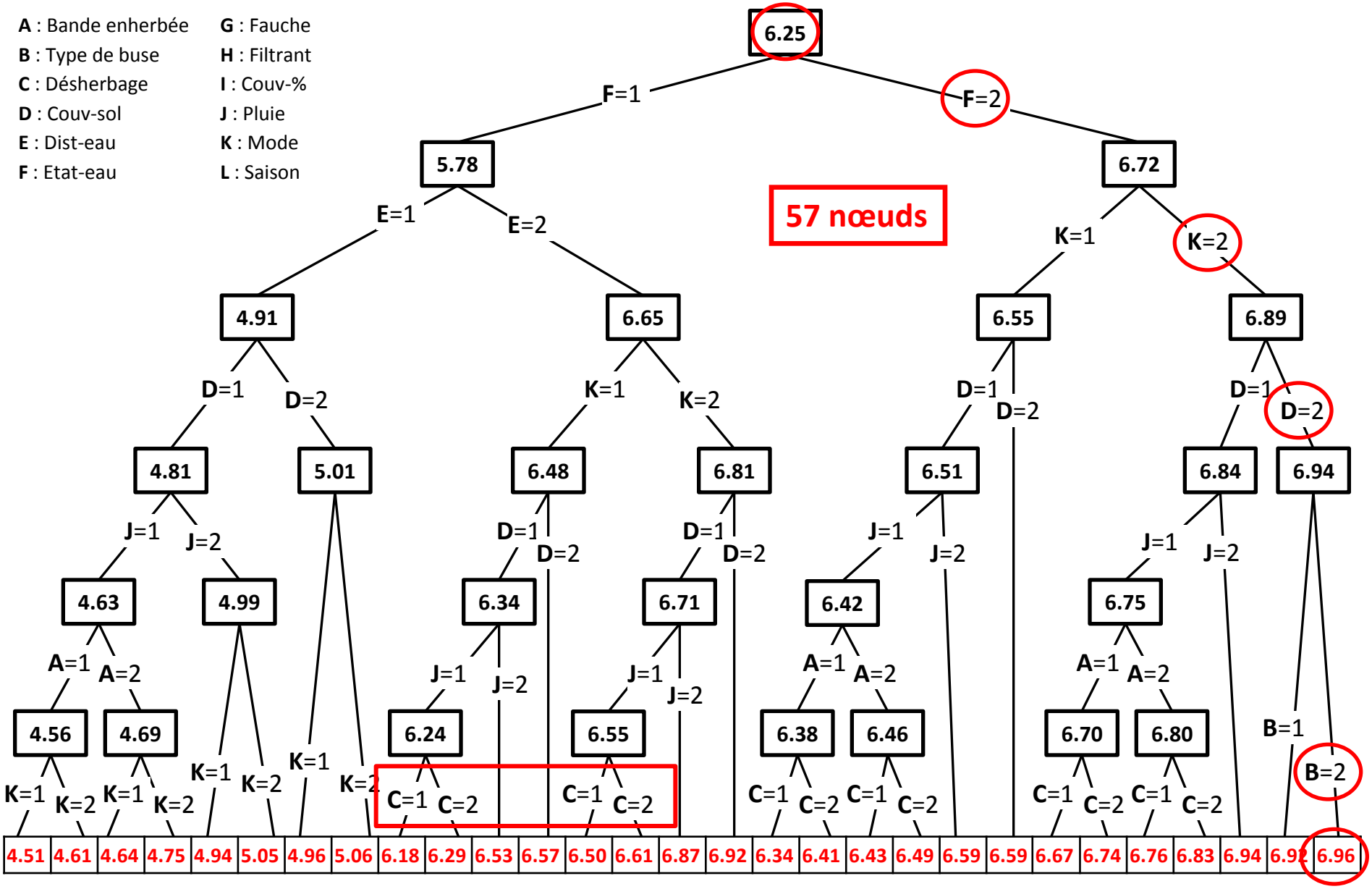
Arbre de régression déterminant les variables d'importance dans la construction du score I-PHYsa pour la lambda-cyhalothrine sur le sol 2

A : Bande enherbée
B : Type de buse
C : Désherbage
D : Couv-sol
E : Dist-eau
F : Etat-eau
G : Fauche
H : Filtrant
I : Couv-%
J : Pluie
K : Mode
L : Saison



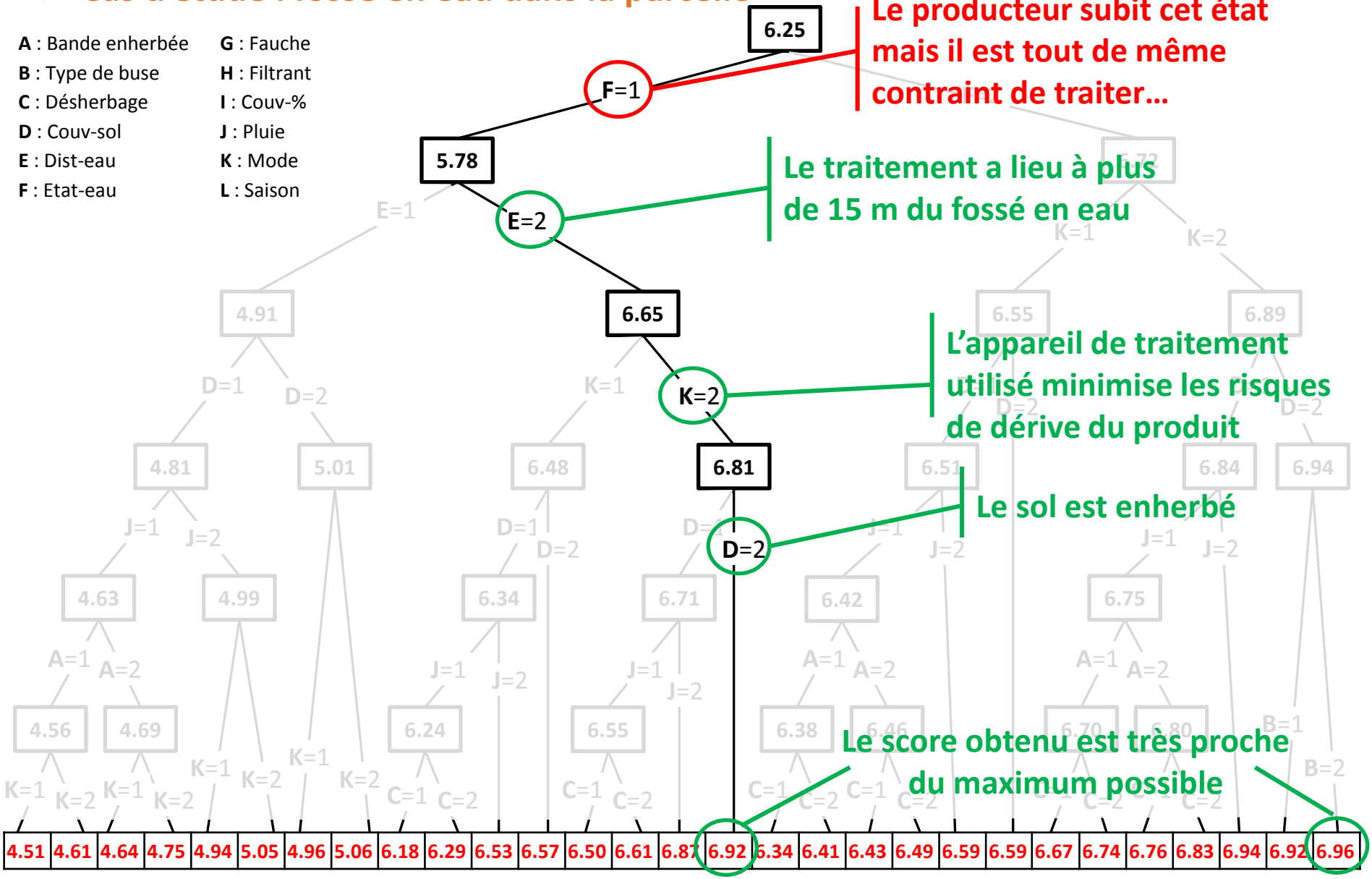
Arbre de régression déterminant les variables d'importance dans la construction du score I-PHYsa pour la lambda-cyhalothrine sur le sol 3

A : Bande enherbée
B : Type de buse
C : Désherbage
D : Couv-sol
E : Dist-eau
F : Etat-eau
G : Fauche
H : Filtrant
I : Couv-%
J : Pluie
K : Mode
L : Saison



- Arbre de régression déterminant les variables d'importance dans la construction du score I-PHYsa pour la lambda-cyhalothrine sur le sol 3
- Cas d'étude : fossé en eau dans la parcelle

A : Bande enherbée
B : Type de buse
C : Désherbage
D : Couv-sol
E : Dist-eau
F : Etat-eau
G : Fauche
H : Filtrant
I : Couv-%
J : Pluie
K : Mode
L : Saison



Conclusion

- **I-PHY, un indicateur sensible …**

Indicateur sensible aux changements de pratique ou conditions évalués et à l'échelle considérée

➔ comportement différent de la lambda-cyhalothrine entre les sols étudiés et les conditions d'application.

- **I-PHY couplé à une analyse des marges de progrès via la construction d'arbres de régression devient un outil d'aide à la décision pour :**

➔ identifier les leviers techniques sur lesquels agir pour limiter les risques
➔ rechercher, par analyse comparative, des substances actives de substitution.

- **Les arbres de régression sont didactiques et favorisent la discussion avec les utilisateurs finaux dans le cadre de projet visant à développer/promouvoir des pratiques plus respectueuses de l'environnement.**