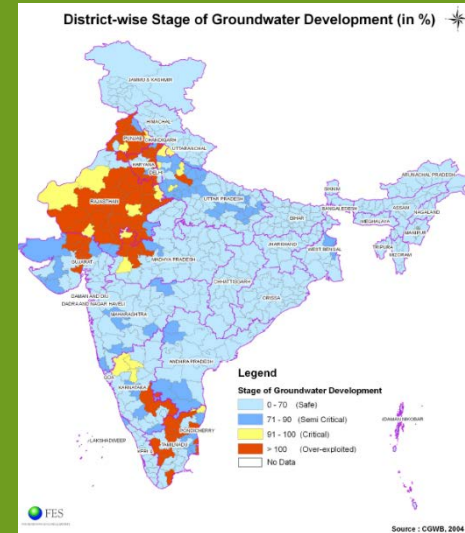


Exemple d'application au couplage de modèles (agronomie, économie, hydrologie)

Alban THOMAS

Département SAE2 (Sciences Sociales), Inra
thomas@toulouse.inra.fr

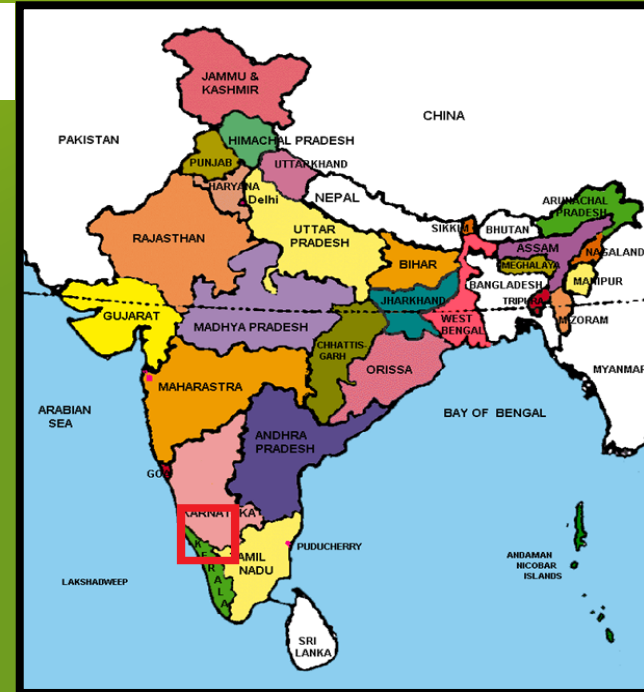
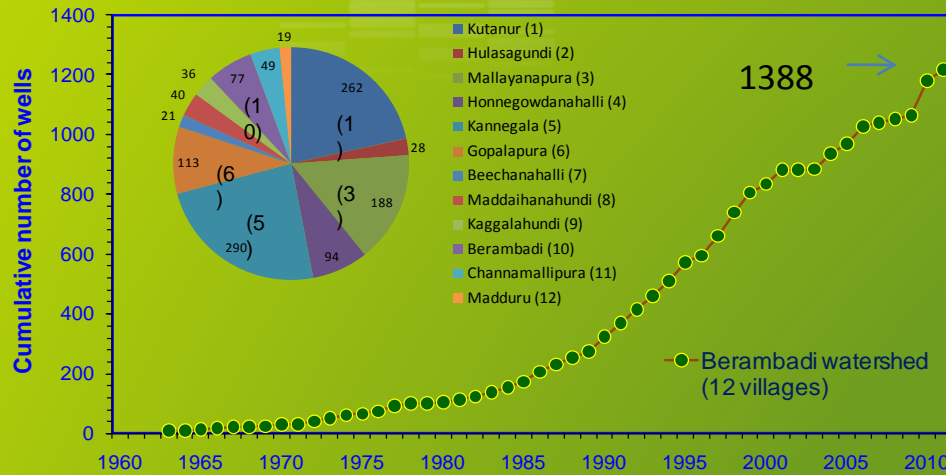


AICHA Adaptation of Irrigated Agriculture to climate CHAnge

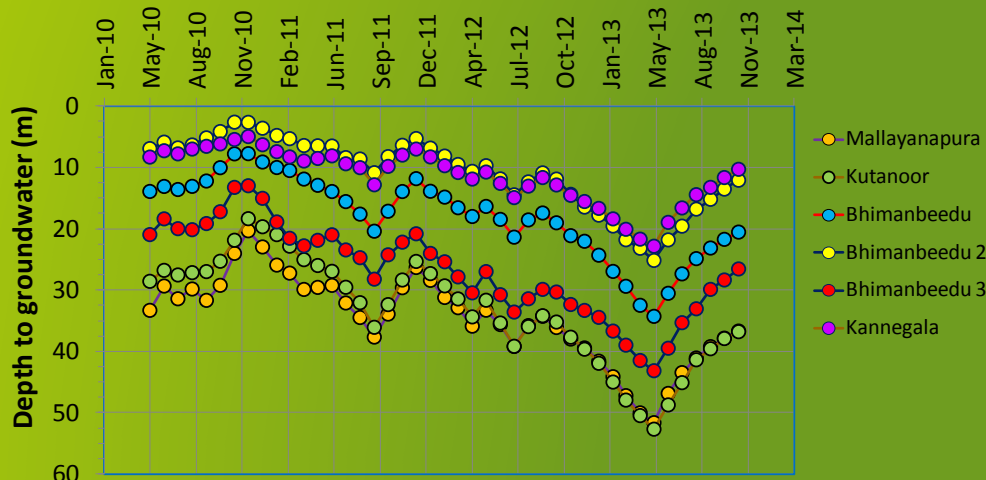


Bassin du Berambadi (Karnataka)

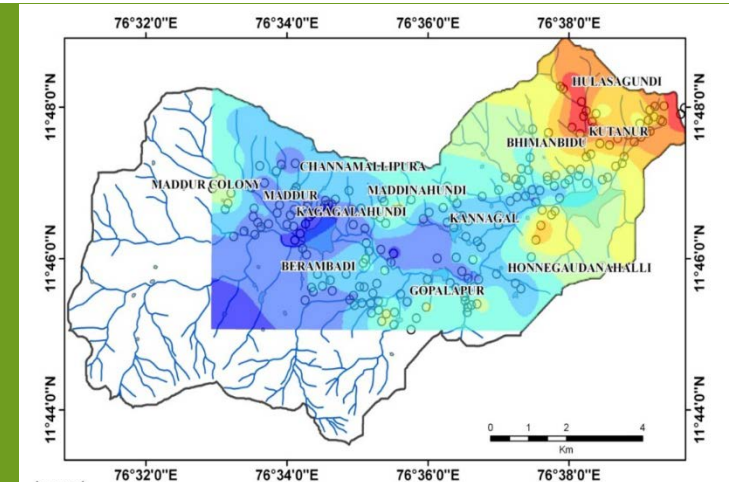
Nombre de forages (borewells) depuis 1990



Suivi mensuel de niveau sur 200 puits depuis 2010

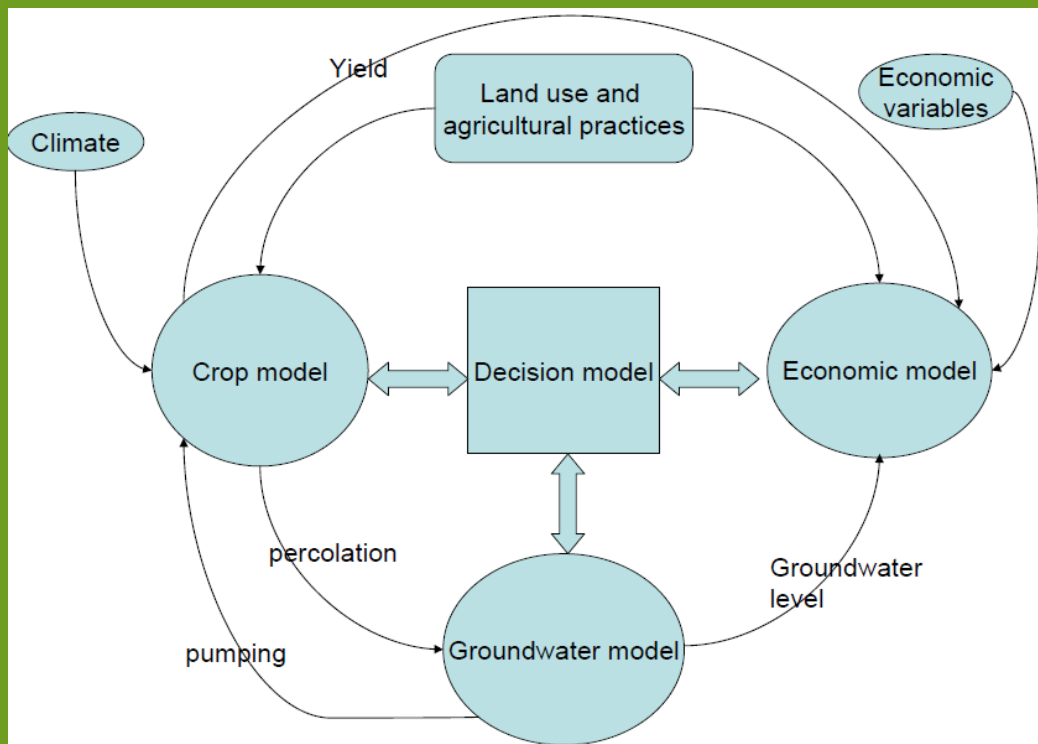
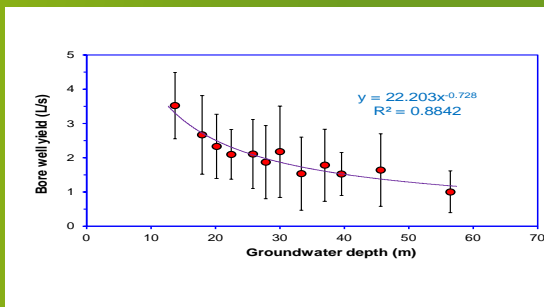
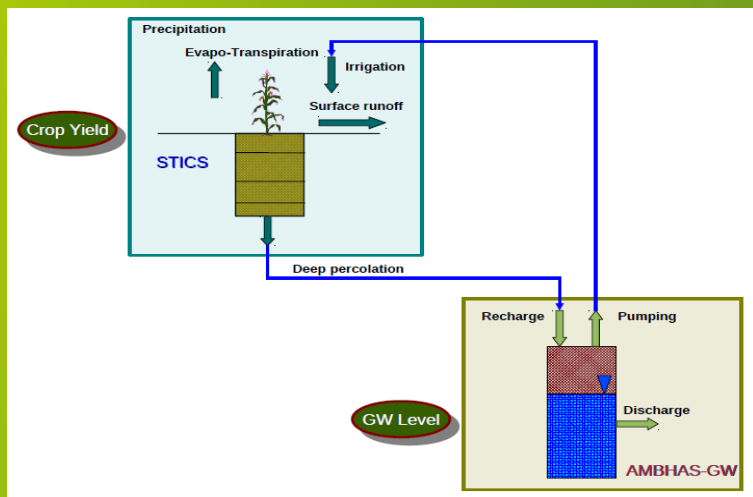


Forte variabilité spatiale de la nappe

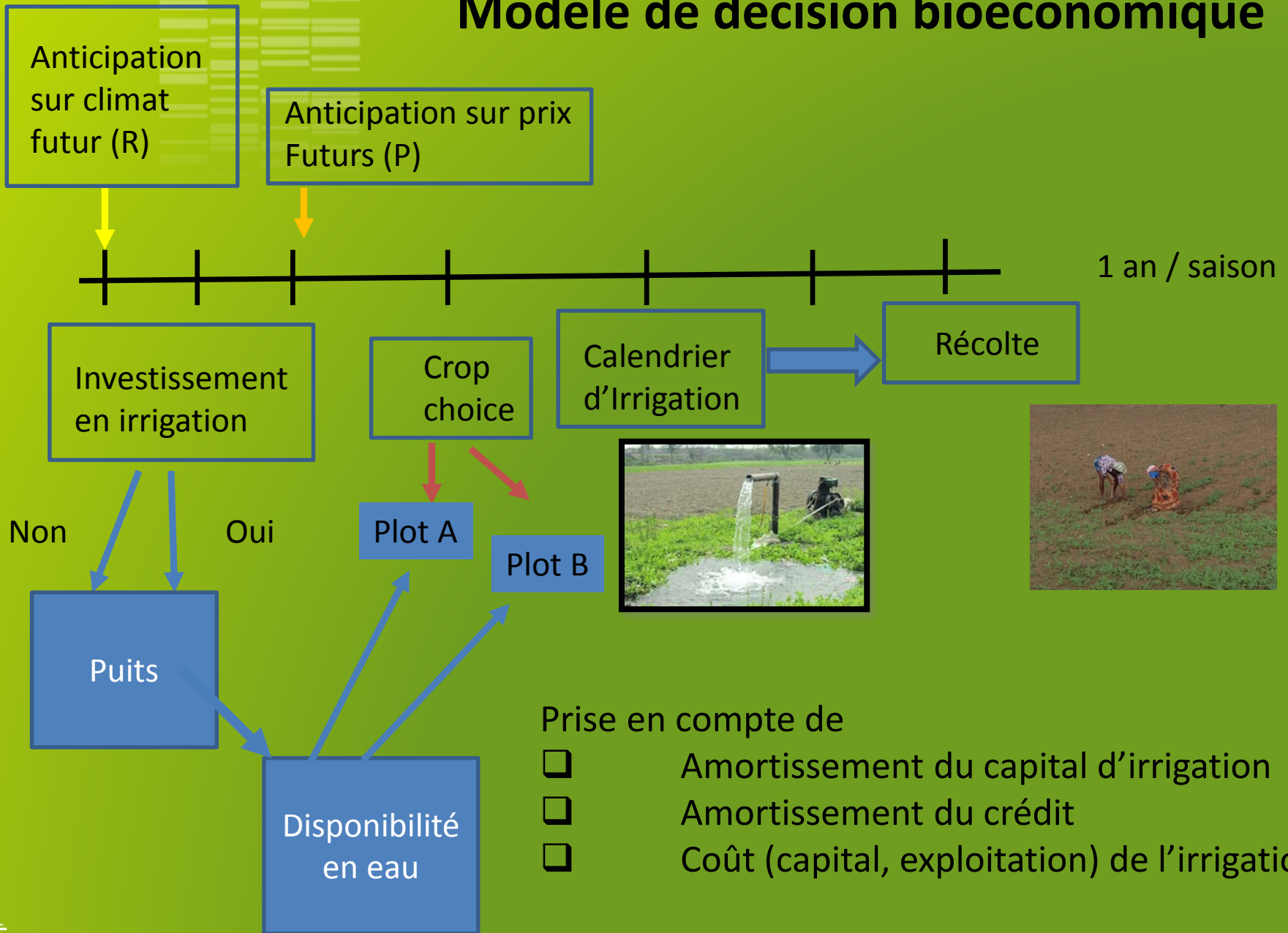


AICHA : Un projet multidisciplinaire (ACCAF, CEFIPRA)

- ❑ Explorer le potentiel pour l'adaptation des systèmes de culture au changement climatique
- ❑ Développer des stratégies d'irrigation individuelles (investissement, calendrier)
- ❑ Proposer des scénarios de politiques publiques compatibles avec des enjeux de sécurité alimentaire et climatiques en Inde



Modèle de décision bioéconomique



Application : Programmation dynamique stochastique

□ Variable d'état : eau disponible (nappe) $W_t = f(W_{t-1}, I_t, R_t)$

□ Aléas : prix (cultures) et climat (précipitations)

□ Variables de contrôle :

- Capital d'irrigation (investissement, mise à niveau)
- Choix de cultures
- Répartition de l'eau d'irrigation sur les parcelles

$$\max_{\{I,C\}} E_{\tilde{R}} E_{\tilde{P}} \sum_{t=1}^{(\infty)T} \left\{ \frac{1}{(1+r)^t} \left[\sum_{c=1}^C l_{ct} [p_{ct} y_c(W_{ct}, R_t, X_t) - CW_t(t, W_t)] - r_{It} I_t \right] \right\}$$

Contrainte disponibilité en eau

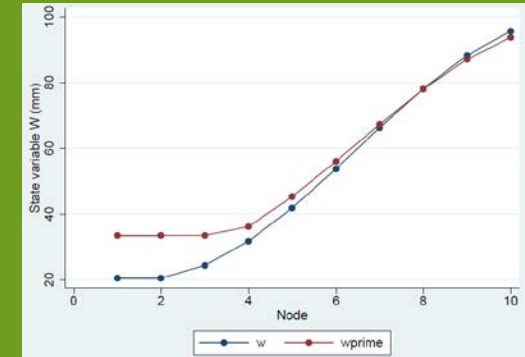
$$W_t \geq \sum_{c=1}^C W_{ct}$$

Problème en horizon infini : équation de Bellman (fonction valeur)

$$V(W) = \max_I \{ \pi(W, I, \bar{R}) + \delta E_t V[f(W, I, R)] \}$$

Méthode de résolution :

- Value function iteration



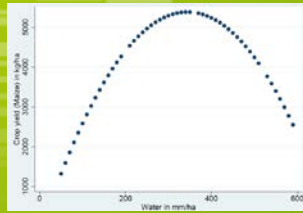
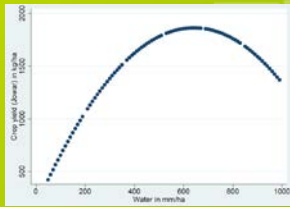
Méthode de collocation :

- Discrétiser la variable d'état, $W_t = \{W_{1t}, W_{2t}, \dots, \}$
- Spécifier N fonctions de base (polynômes de Tchebycheff, splines, etc.)
- Résoudre pour chaque valeur discrète des variables de contrôle

$$\sum_{j=1}^N \phi_j(W) c_j = \max_{I_i} \left\{ \pi(W, I, \tilde{R}) + \delta E_{R,P} \sum_{j=1}^N \phi_j(f(W)) c_j \right\}$$

- Obtenir la valeur optimale des variables de contrôle

Rendement de culture (quadratique)



Volume d'eau disponible

$$y_{cbT} = \beta_{c0} + \beta_{c1} \overline{W}_{bT} + \beta_{c2} \overline{W}_{bT}^2$$

$$W_t = f[S_t(D_t, HP_t)] + g(\tilde{R}_t),$$

Débit du puits

$$f[S_t(D_t, HP_t)] = \left(\frac{m^3}{\text{hour}} \right) = 8.8420 + 0.5816 \text{ HP} - 0.0393 \text{ D},$$

Coût d'irrigation

$$C_{WT}(S_T, W_T) = 6597.8558 (\overline{W})^{-0.8442} \times S^{-0.0258},$$

Investissement en irrigation

$$I_t = \text{COST}_{PUMP} + \text{COST}_{WELL} = 478.1861 \text{ HP}^{1.0153} + 399.2668 \text{ DEPTH}^{0.5147},$$

Calibration à partir d'une enquête terrain (2014) et données statistiques officielles

Cas simple : 2 parcelles, 2 saisons (kharif, rabi), 5 cultures possibles

Nœud	W_t	W_{t+1}	Kharif		Rabi		Irrig. Plot 1 (%)	
			b=1	b=2	b=1	b=2	kharif	rabi
1	10.67	26.97	5	5	5	5	50	50
2	10.67	26.97	5	5	5	5	50	50
3	15.90	28.19	5	5	5	5	50	50
4	25.56	30.64	5	5	5	5	50	50
5	38.17	41.99	1	5	5	5	80	50
6	51.83	54.28	1	5	5	5	80	50
7	64.44	65.64	1	5	4	5	90	70
8	74.10	74.33	1	5	4	5	90	70

1 : maïs ; 2 : tournesol ; 3 : Sorgho ; 4 : turmeric ; 5 ; marigold

**Mise en place
sur la plateforme
de modélisation Record**



A faire

- Validation des fonctions de rendements sur les cultures principales (modèle STICS)
- Spatialisation des parcelles (typologie)
- Prise en compte des risques d'échecs (*crop failure*)
- Intégration d'une contrainte de sécurité alimentaire (*subsistence vs. cash crops*)
- Connexion au modèle hydraulique (variation niveau nappe)
- Simulation de schémas climatiques (distribution pluviométrie)
- Simulation de politiques environnementales (baisse subventions énergie, etc.)

