

# TECHNIQUES MODERNES DE GESTION MANUELLE DE CANAUX D'IRRIGATION- KERIAN MALAISIE

par

**Teoh Boon Pin**

Département d'Irrigation et Drainage-Malaysia

## Résumé

Le périmètre irrigué de Kerian avec une superficie en paddy (riz) de 23 559 hectares est le troisième par importance en Malaisie. Les casiers côtiers A-D sont appelés 'Kerian Laut' et les casiers de hautes terres E-H sont appelés 'Kerian Darat'. 61% de l'eau d'irrigation est fournie par le réservoir de Bukit Merah alors que la station de pompage de Bogak apporte de l'eau seulement à Kerian Laut. Les canaux primaires qui sont régulés par des régulateurs en travers ont des niveaux d'eau relativement plus stables que les canaux secondaires et tertiaires. Pour différentes raisons, comme des prélèvements excessifs ou illicites, ou encore des ouvrages de contrôle inadaptés, les niveaux d'eau dans les canaux secondaires et tertiaires ne sont pas stables et les CHO (orifices à charge constante) des canaux tertiaires ne sont pas utilisés comme de vraies structures de contrôle et de mesure. L'étude conduite sur la performance montre que l'adéquation, la fiabilité, l'exactitude et l'équité de la distribution d'eau sont généralement bonnes. Cependant, l'efficacité moyenne de l'irrigation était assez faible, aux environs de 60%. En plus de construire des ouvrages de régulation complémentaires et de réhabiliter les prises au niveau du champ, il s'avère nécessaire d'améliorer le système actuel de gestion et de contrôle de l'irrigation (IMCS). L'IMCS est actuellement en phase d'amélioration pour récupérer plus de données en temps réel, faciliter la communication dans les deux sens, entre les équipes de terrain et le centre de contrôle, au travers d'un réseau de calculateurs et d'un logiciel de gestion de l'irrigation plus convivial. Disposant d'un modèle d'optimisation de la distribution de l'eau et de règles d'opération appropriées incorporées dans le système, il est escompté une meilleure efficacité de la distribution en plus d'une amélioration de la stabilité des niveaux d'eau dans les canaux.

## 1. CONTEXTE DU RESEAU

### 1.1 Les caractéristiques physiques du système

Le périmètre irrigué de Kerian situé au Nord-Ouest de l'Etat de Perak est le troisième par importance au niveau de la Malaisie, avec une superficie en paddy de 23 559 hectares. Le périmètre est divisé en 8 casiers, de A à H, eux-mêmes divisés en trois ou quatre blocs faisant chacun environ 850 ha. (Fig.1).

Les casiers proches du détroit de Malacca, A,B,C et D sont appelés Kerian Laut. Les casiers E,F,G et H situés sur des terres légèrement plus hautes, sont appelés Kerian Darat.

### 1.2 Topographie sol et environnement

Kerian Laut présente une topographie très plate, 70% des terres sont situées en dessous de la cote +1,22 m. Kerian Darat est plus ondulé, descendant du point le plus haut à 3.96 au pied du réservoir Bukit Merah jusqu'à 2.30 au niveau de la ville de Bagan Serai. Les sols de Kerian Laut sont constitués principalement d'argile marine et d'un peu d'argile organique (casier D seulement). Le drainage de Kerian Laut est sous influence des marées (variation de niveau de haute mer entre +1,46m et 0,76m).

Le problème permanent de l'engorgement des sols en partie basse de Kerian Laut, est attribué à:

- la courte durée de drainage limitée à la basse mer (4 à 5 heures)
- le non-suivi par les agriculteurs du calendrier cultural et l'absence de bourrelets de rétention des eaux en bordure de parcelle, qui nécessite de maintenir un niveau d'eau élevé dans le réseau de drain.

### 1.3 Infrastructure et disponibilité en eau

La ressource principale est le réservoir Bukit Merah, assurant 61% de la fourniture d'eau. La station de pompage Bogak, avec 4 pompes de 5,1 M3 chacune, fournit le reste. Elle puise directement dans la rivière Kerian. Deux canaux principaux, MC pour Main Canal et SC pour Selinsing Canal, transportent l'eau du réservoir, à partir de deux prises, respectivement de 800 cusecs (22,4 m<sup>3</sup>/s) et de 400 cusecs (12,2 m<sup>3</sup>/s). MC transporte l'eau des casiers A à F, et SC alimente G et H. La station de pompage de Bogak pompe l'eau de la rivière Kerian directement dans MC au niveau du casier D: elle ne fournit ainsi de l'eau qu'à Kerian Laut.

L'ensemble comprend 56 km de canaux primaires, 327 km de canaux secondaires construits en terre, et 368 km de tertiaires revêtus de béton. Le contrôle de l'eau dans les canaux primaires est assuré par canaux l'intermédiaire de régulateurs en travers, munis de vannes de fond et de deux seuils latéraux. Les ouvrages de prises sont de type CHO, orifice à charge constante, tandis que les sorties à la parcelle sont soit de type papillon, soit de type guillotine. Il y a environ 706 ouvrages vannés et 800 prises à la parcelle. La densité de canaux s'établit à 31,2 m par hectare.

Le périmètre comprend également 580 km de drainages secondaires et tertiaires, qui se déversent directement dans la rivière Kerian, dans la rivière Kurau ou dans le détroit de Malacca. Il y a 207 ouvrages vannes sur le réseau de drainage, dont 57 servent à contrôler les effets des marées.

En année normale, la disponibilité en eau est plus que suffisante. Cependant tous les 4-5 ans environ, un déficit en eau peut surgir en saison basse lors de sécheresse prolongée.

En raison de l'implantation d'une ligne de chemin de fer traversant la retenue Bukit Merah, le niveau maximum opératoire est limité à + 28,50 pieds, ce qui réduit la capacité active de la réserve à 56 Mm<sup>3</sup>. La rehausse des berges de la voie ferrée, actuellement proposée, permettrait de relever le niveau opératoire à 30 pieds et de gagner ainsi 18 Mm<sup>3</sup>.

### 1.4 Distribution d'eau et contrôle

La programmation des arrosages sur le périmètre de Kerian est divisée en trois phases. La phase un couvre les casiers A, B et C, en aval du canal principal MC. La phase deux couvre les casiers D, E et F en amont des précédents. La phase trois couvre les casiers G et H alimentés par le Selinsing Canal.

Chaque phase est décalée de 30 jours par rapport à la précédente. Une phase comprend 30 jours de pré-saturation à 20 mm/jour, suivis de 110 jours d'alimentation complémentaire à 10 mm/jour.

Comme beaucoup de prises à la parcelle ont été construites au niveau du sol, cela entraîne beaucoup de prélèvements excessifs, spécialement dans la partie amont des canaux. Dans la période d'irrigation complémentaire, il est difficile de maintenir le niveau d'eau à la cote de débit maximum (FSL: Full Supply level) en raison des prélèvements excessifs et du gradient hydraulique plus plat résultant d'un fonctionnement à la moitié du débit maximum. Inévitablement, les apports doivent être portés au-delà des valeurs complémentaires définies à la conception, spécialement pour Kerian Darat où la pente naturelle du terrain est plus forte. L'introduction d'ouvrages de régulation intermédiaires et supplémentaires apparaît nécessaire pour rehausser le niveau d'eau dans les périodes d'apports complémentaires pour le canal de Selinsing et pour d'autres canaux secondaires, longs et surdimensionnés.

Il n'y a pas de groupe d'usagers dans le périmètre. Les agriculteurs sont responsables seulement pour les manoeuvres au niveau de la prise à la parcelle. Les prises à la parcelle illicites ou les dépassements sont des phénomènes rampants. Cependant, 90% des agriculteurs sont membres de l'Organisation des Agriculteurs de la Zone (AFO), à travers laquelle quelques-uns des problèmes d'irrigation sont communiqués à l'agence d'irrigation. Malgré les chaînes et les cadenas utilisés sur les vannes, des manoeuvres illicites aux vannes arrivent encore.

Chaque saison, on estime à 800-900 mm d'eau d'irrigation la part qui se retrouve dans les drains, et jusqu'à présent aucun recyclage de cette eau n'a été mis en place. Il y a un projet cette année pour acheter des pompes mobiles d'environ 5 cusecs (150 l/s) chacune pour recycler cette eau. Environ 10 sites convenables pour cette forme de recyclage de l'eau ont été identifiés. Par ailleurs, quelques écoulements à rebours à partir des drains pour maintenir le niveau d'eau dans les rizières sont aussi une forme de réutilisation des eaux de drainage.

## **2. RATIONALITE ET EVALUATION DES SERVICES D'IRRIGATION**

### **2.1 Caractéristiques et rationalité des services d'irrigation**

Les plans de culture et les calendriers de distribution d'eau aux divers casiers sont planifiés en fonction des trois phases d'irrigation. La saison basse est habituellement de février à juillet et la saison principale d'août à janvier. Du fait du manque de main d'oeuvre et du progrès très lent de la mécanisation, spécialement dans Kerian Laut, le non-suivi du calendrier de culture est très courant et une saison peut s'étaler sur 8 mois. La quantité d'eau qui doit être donnée à chaque bloc d'irrigation secondaire est habituellement guidée par l'observation de la progression des activités au champ et des niveaux d'eau sur les parcelles. Habituellement, pendant l'étape initiale de fourniture d'eau (présaturation), la quantité réelle d'eau d'irrigation nécessaire s'accroît très lentement du fait que beaucoup d'agriculteurs démarrent trop tard leur préparation de la terre ou la plantation. Cependant, il est difficile d'obtenir le niveau de plein bord (FSL) pour ces écoulements faibles (moins de la moitié du débit maximum) et habituellement beaucoup plus d'eau est fournie qu'il n'est réellement nécessaire. Les principales raisons pour lesquelles cette situation se produit sont les dépassements aux prises, les canaux secondaires surdimensionnés et le manque d'ouvrages de régulation dans certains canaux longs et pentus. Finalement, quand le pic de demande en eau arrive, l'écart entre fourniture et demande réelle habituelle devient faible et la fourniture d'eau relative (RWS) dans cette période est normalement la plus faible. Cependant, après l'achèvement de phase de présaturation, la demande complémentaire se réduit à seulement la moitié de la demande de présaturation et faire coïncider la fourniture et la demande réelle devient à nouveau plus difficile.

Normalement, en cas d'abaissement des niveaux de plein bord dans les canaux, de niveaux d'eau inadéquats dans les champs ou de récrimination des agriculteurs, les équipes de terrain réagissent rapidement en demandant des lâchures complémentaires à l'unité de gestion gérant le réservoir Bukit Merah. D'un autre côté, en période de pluies, les demandes pour réduire la fourniture ne sont pas aussi spontanées. Généralement, les conditions de sur-fourniture persistent, comme le montre la moyenne spécifique de fourniture d'eau de 2,173 mm/saison, comparée aux 1-700 mm/saison estimés lors de la conception du projet et aux 1 250 mm/saison basés sur les paramètres de base.

Les prix de l'eau actuellement relevés chez les agriculteurs sont vraiment très bas, c'est à dire environ de 1 à 4,5 \$US/ha seulement sans tenir compte de l'usage réel de l'eau par les agriculteurs. Cependant, afin de promouvoir une consommation d'eau efficace, il y a besoin de rationaliser le mécanisme de fixation du prix de l'eau au travers de considérations appropriées de facteurs significatifs comme:

- I. l'accroissement de la compétition dans les utilisations de l'eau
- II. les coûts d'investissement de gestion et de maintenance
- III. les capacités financières des agriculteurs.

## 2.2 Mesure et Evaluation de la performance de l'irrigation

Dans le périmètre irrigué de Kerian, deux objectifs importants sont d'accroître les rendements et l'intensité des cultures. De plus, la politique nationale agricole (1992-2010) stipule aussi le besoin d'optimiser la productivité des ressources en eau au vu de la compétition croissante des autres casiers. L'adéquation, la fiabilité et l'exactitude de l'irrigation vont être des aspects importants à connaître et à gérer pour favoriser l'accroissement des récoltes. Un des facteurs nécessaires pour accroître l'intensité des cultures devrait être l'équité dans l'allocation et la distribution de l'eau d'irrigation. Pour optimiser la productivité de l'eau, l'efficacité de l'utilisation de l'eau devra être améliorée. Les indicateurs de performances intéressants à évaluer et contrôler sont discutés ci-dessous.

### a. Adéquation, fiabilité et exactitude:

L'indicateur de fourniture d'eau relative (RWS) est défini comme le rapport de (irrigation + pluie efficace potentielle) à la demande d'eau estimée. L'évaluation est menée sur un intervalle d'une semaine et les valeurs du RWS hebdomadaire indiquent l'adéquation de l'irrigation sur la saison (voir figure 2a). Aucune échelle de mesure n'a été installée pour l'instant pour suivre les niveaux hebdomadaire aux champs ce qui permettraient l'évaluation de la pluie efficace. De ce fait, un modèle ouvert (non bouclé) de stockage d'eau est utilisé pour estimer la pluie efficace. La figure 2a montre les résultats obtenus à partir de ce modèle de stockage pour l'un des casiers.

Pour évaluer la fiabilité de la fourniture d'eau, l'indicateur de fiabilité de la fourniture (SR) est utilisé, il est défini comme (1-WSDFR). Le ratio de déficit de fourniture d'eau (WSDFR) est défini comme la somme des déficits hebdomadaires de fourniture (s'il y en a), à l'objectif total de fourniture d'eau:

$$WSDFR = \frac{\sum_{1}^{N} (WST - WSA)}{\sum_{1}^{N} WST}$$

où:    WST            Objectif de fourniture d'eau  
      WSA            Eau réellement fournie  
      N              Nombre de semaines dans la saison.

Une valeur de SR plus grande que 70% indique que la fourniture d'eau est fiable pour la saison; autrement la fourniture est considérée comme non fiable.

L'exactitude de la fourniture (TS) peut être obtenue comme:

$$TS = \frac{\text{Nombre de semaines ou } WSDFR = 0}{\text{Nombre de semaines dans la saison}}$$

où     $WSDFR = @ \text{ if}(WST > WSA; WST - WSA, 0)$

En d'autres termes, c'est un ratio indiquant le pourcentage de semaines sans déficit de fourniture dans la saison.

Ces indicateurs pourraient être évalués jusqu'aux niveaux secondaire et tertiaire, mais plus de données seraient nécessaires. Dans le périmètre de Kerian, les analyses ont été faites au niveau du casier et des exemples de ces résultats sont regroupés au Tableau 1. La valeur moyenne de RWS pour les basse et principale saisons de 1994 étaient de 1,84 et 2,27 respectivement, indiquant une adéquation générale en fourniture. Cependant, la valeur de RWS en basse saison était plus faible que celle relevée en saison principale dû à une période de sécheresse en début de saison.

La fiabilité de la fourniture était aussi meilleure, à 97,1% durant la saison principale 1994 comparé à la saison sèche qui avait une valeur de SR plus faible de 71,5%. Deux casiers A et F avaient des indicateurs SR de moins de 70% dans la saison basse, ce qui est considéré comme pas très satisfaisant.

De manière similaire, l'exactitude de la fourniture (TS) pour les casiers A et F durant la saison basse de 1994 est plutôt basse, 47,83% et 33,33% respectivement, certainement dû à un manque d'eau. Sur l'ensemble de la saison sèche, l'exactitude dans la fourniture s'établit à seulement 62,7%. L'exactitude de la fourniture était très bonne, 91,22%, en saison principale de 1994.

Tableau 1 Sélection d'indicateurs de performance pour Kerian (voir texte en anglais).

#### b. Équité de la fourniture:

L'analyse de l'équité des fournitures d'eau vise à apprécier la manière dont l'eau d'irrigation est partagée entre les attributaires. Elle peut être appréciée en calculant et comparant les coefficients de variation (Cve) pour des valeurs de SR de canaux dans différents casiers. Dans le tableau 1, cependant, la comparaison des coefficients de variation des valeurs de SR a été faite pour les casiers dans Kerian Darat et Kirian Laut. L'équité de la fourniture comme indiqué par la valeur de Cve de 0,232 n'était pas très bonne pour Kerian Darat dans la période sèche de la saison basse 1994. Cependant, dans la saison principale de 1994, l'équité de la fourniture semblait être assez bonne pour les deux périmètres Kerin Laut et Kerian darat (Cve = 0,047 et 0,009 respectivement). Dans cette saison, qui était une année normale, Kerian Laut était alimenté de manière adéquate par la station de pompage de Bogak en dépit du fait que la zone haute de Kerian Darat était sur-alimentée.

#### c. Efficacité de l'irrigation:

L'efficacité globale de l'irrigation (E) est dépendante de l'efficacité du transport (Ec), de la distribution (Ed) et de l'application (Ea). Alors que Ec et Ed évaluent mieux les aspects transport et distribution ainsi que la qualité des manoeuvres et de la maintenance, Ed dépend largement de la gestion de l'eau à la parcelle. Dans l'analyse pour le tableau 1, Ec et Ed ont été supposés comme des paramètres du réseau et le modèle de stockage mentionné a été utilisé pour évaluer Ea et ensuite E. On peut voir que l'efficacité de l'irrigation en basse saison de 1994, 64,98%, était beaucoup plus haute que celle relevée pour la saison principale 94, à 54,13% seulement. Cependant, les deux sont en dessous de l'efficacité projetée de 70% dû à des prélèvements excessifs, une mauvaise gestion de l'eau aux champs et peu de réaction à la pluie.

### 2.3 **Corrélation entre les outputs de l'agriculture et la qualité du service de distribution**

L'index de productivité de l'eau (WPI) est défini comme la récolte de paddy (kg) produite par unité de volume d'eau (m<sup>3</sup>). WPI était plutôt faible à 0,14 kg/m<sup>3</sup> pour les deux saisons dû à des récoltes faibles et des fournitures excessives. Pour corréler la production agricole et la qualité de service dans la distribution, les mesures de récolte ont été reliées à la fiabilité de l'eau fournie (SR) sur un graphe Fig. 2.b. Il semble que globalement le niveau des récoltes s'accroisse avec la fiabilité de la distribution; cependant le nuage de points est très dispersé (très-large gamme de variation). D'une certaine façon, cette dispersion est attendue en raison de l'influence d'autres facteurs comme l'incidence des maladies, la santé des plantes, etc.

## 3. **DIAGNOSTIC SUR LE CANAL D'IRRIGATION**

### 3.1 **Caractéristiques du réseau de canaux**

Le réseau de canaux fonctionne en contrôle par l'amont. Outre les ouvrages de tête, les deux canaux primaires comportent des ouvrages de régulation intermédiaires, munis de vannes de fond à rideaux et équipés de seuils déversants sur le coté. L'objectif essentiel des manoeuvres sur ces régulateurs est

d'atteindre le niveau correspondant au débit maximum (FSL) et ce quelque soit la valeur du débit. Des orifices à charge constante (CHO) et des ouvrages de contrôle en extrémité de réseau équipent les canaux primaires, secondaires et tertiaires.

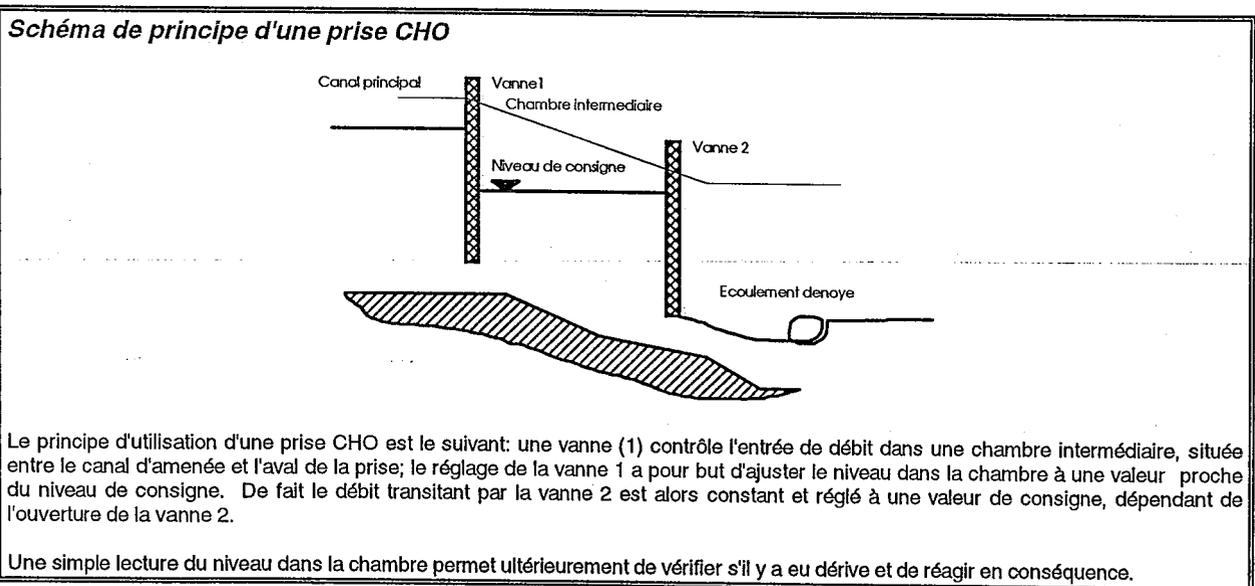
S'il n'y a pas de grosse erreur dans les ajustements des vannes, la fourniture d'eau du barrage Bukit Merah atteint le dernier casier en une journée. De façon similaire on peut constater aussi que le niveau dans le canal primaire se stabilise autour de FSL, un jour après chaque opération.

Les ouvrages de prises au champ sont de deux types, i.e., vanne papillon et vanne guillotine. Ces prises ont été construites au sol, créant ainsi de multiples occasions d'intervention excessive pour en augmenter le débit, sur certaines d'entre elles. Il y a également quelque milliers de prises illégales prélevant directement dans les secondaires et primaires. En raison de ces prélèvements excessifs ou non autorisés, les niveaux d'eau dans les secondaires et les tertiaires varient énormément. Certaines vannes de prise à la parcelle, ont été endommagées ou tout simplement retirées par les agriculteurs dans l'intention d'obtenir plus d'eau.

Le canal primaire est géré de manière plus coordonnée et avec l'aide des régulateurs de niveaux, les niveaux d'eau sont relativement mieux contrôlés et stables. Cependant, le canal Selinsing semble avoir quelques difficultés à maintenir le niveau FSL aux faibles débits parce qu'il n'est pas équipé de régulateurs entre km 0 et km 7.3. En fait dans cette partie de canal, des tertiaires devraient être raccordés directement sur le canal primaire pour obtenir un débit suffisant. Un nouvel ouvrage est maintenant proposé au km 3,810 pour ajuster le niveau FSL lors des faibles débits.

En période de fortes pluies, il n'y a pas ou peu de réponse en terme de coupure de la fourniture d'eau. Il y a des volumes de stockage dans les canaux et dans les rizières. Cependant, lorsqu'il y a danger de surverse ou d'inondation, l'alimentation est coupée ou les excès d'eau sont évacués par les ouvrages d'extrémité de réseau.

Lors de la période initiale, des ouvrages additionnels de contrôle ont été construits pour permettre d'atteindre la cote FSL à faible débit. D'autres ouvrages sont peut-être encore nécessaires, particulièrement sur les biefs de grande longueur, à forte pente et surdimensionnés du réseau secondaire. La plupart des prises CHO tertiaires ne sont jamais vraiment utilisées comme ouvrages de contrôle de débit et de mesure. Les gardes-canal se reposent sur leur expérience et des observations visuelles pour estimer l'adéquation en eau et le réglage des vannes. Ces prises CHO sont en pratique utilisés comme des vannes normales.



Dans le but de stabiliser le niveau à la cote FSL dans les canaux secondaires et pour utiliser les prises tertiaires CHO comme ouvrages de contrôle et mesure, les actions suivantes sont proposées:

1. Réhabilitation des ouvrages de prises à la parcelle avec des vannes appropriées (Charge de 6 pouces).
2. Suppression de toutes prises illégales.
3. Mise en place d'ouvrages de contrôle sur les biefs longs, pentus et surdimensionnés, du réseau secondaire.
4. Reconstruction des berges sur les réseaux secondaires et tertiaires pour retenir l'eau d'irrigation.
5. Mise en place d'ouvrages de contrôle sur les biefs longs, pentus et surdimensionnés, des réseaux de drainage secondaire et tertiaire.
6. Les canaux secondaires qui de façon chronique ne peuvent atteindre la cote FSL, en raison de dépassements des prélèvements, seront alimentés en rotation d'une semaine après la phase de présaturation.

#### **4. CONCEPTION DES TECHNIQUES DE CONTRÔLE**

Un système de gestion et de contrôle de l'irrigation est proposé pour assurer les fonctions suivantes:

1. pour évaluer les ressources en eau, c'est-à-dire la pluie, l'état des réserves et le débit disponible dans la rivière Kerian au droit de la station de pompage Bogak.
2. pour estimer les besoins en eau des plantes et les capacités de stockage dans les rizières.
3. pour déterminer les allocations de débits aux canaux principaux et secondaires, les réglages de vannes des régulateurs de niveau à l'aide d'un modèle de gestion optimal de l'eau et convoier les messages aux opérateurs.
4. pour suivre l'évolution des débits et des cotes dans les canaux et aux droits des ouvrages, pour le réglage précis du système, pour générer les ajustements si nécessaire et pour suivre la performance de la gestion.

##### **4.1 Equipement de communication**

Un nouvel équipement de télésurveillance est proposé pour rassembler les données de pluies, de niveau d'eau, d'évapotranspiration, etc. L'ordinateur en charge du contrôle et du suivi en temps réel de l'ensemble des variables sera relié au serveur du centre de contrôle. Le serveur est connecté aux stations de travail des Centres de Développement des Agriculteurs (FDC), à la station de pompage de Bogak et au bureau de l'Ingénieur responsable du périmètre, où se trouvent respectivement les inspecteurs d'irrigation, le responsable de la station de Bogak et l'unité de contrôle de l'irrigation. Le réseau d'ordinateur deviendra à terme un réseau à grande couverture (*Wide area network* WAN) qui autorisera une communication en temps réel à deux sens. Toutes les données sont stockées au serveur principal du centre de contrôle. Les hommes en charge des manipulations sur les canaux, basés dans des bureaux éloignés, peuvent également communiquer avec le centre de contrôle via radio VHF.

##### **4.2 Acquisition de données et transmission**

###### **a. Données sur les ressources:**

Les données sur les ressources en eau sont la pluie, les niveaux d'eau dans le réservoir et dans la rivière Kerian à la station Bogak. Toutes ces données sont recueillies par des stations automatiques et rapatriées au centre de contrôle.

b. Les besoins en eau des plantes et la capacité de stockage au champ:

En vue de déterminer les besoins en eau des cultures, il est nécessaire de disposer des données suivante: la progression des travaux au champ, les pratiques agricoles, la hauteur d'eau sur les parcelles, la valeur de l'évaporation (pan), les valeurs de débits et des pompages. Les trois premières données sont recueillies manuellement une fois par semaine et entrées dans les ordinateurs périphériques le mercredi matin avant 8 heures. Il est proposé de convertir l'actuelle station de mesure manuelle de l'évaporation en une station de transmission automatique des enregistrements. Les débits et niveaux d'eau des ouvrages principaux tels que l'ouvrage d'entrée du canal primaire, les régulateurs et la station de pompage, sont suivis par télésurveillance. Pour les autres ouvrages, les données sont recueillies manuellement deux fois par jour.

#### 4.3 Analyse des données et décision pour la gestion

Le programme de gestion de l'irrigation est implanté sur une station de travail au centre de contrôle. Il se connectera sur le serveur pour accéder aux données et procéder aux calculs des allocations d'eau pour chaque block des secondaires. Le calcul sera effectué sur la base de l'équation de bilan suivante:

$$D2 = D1 + I + Re - ET - SP$$

avec

D2, D1	état final et initial de la hauteur d'eau (mm)
I	quantité d'irrigation (mm)
Re	pluie efficace (mm)
ET	évaporation (mm)
SP	somme des pertes par percolation et colature (mm)

Re est évalué à partir d'une série de coefficients empiriques

C1 , C2,... pour différentes gammes de D1 pluie et hauteur de stockage

L'allocation à chaque unité d'irrigation des secondaires, sera basée sur les critères suivants:

- 1) Si  $D2 <$  au minimum de hauteur d'eau ( environ 50 mm), ALORS les droits d'eau de présaturation sont accordés.
- 2) Si  $D2 >$  au minimum de hauteur d'eau, mais  $<$  valeur de hauteur souhaitable pour le stade de culture correspondant, ALORS le droit d'eau supplémentaire est accordé.
- 3) Si  $D2 >$  valeur de hauteur souhaitable, ALORS seulement la moitié ou les deux tiers du droit d'eau supplémentaire sont accordés, respectivement lors de la saison humide et sèche.
- 4) Chaque semaine, la mesure de la hauteur d'eau sera utilisée le mercredi en remplacement de la valeur D2 pour le calcul de l'allocation.
- 5) En période d'apport supplémentaire, si le niveau dans les canaux secondaires descend en raison de prélèvements excessifs, la surveillance et le contrôle sont accrus dans un premier temps. Si les prélèvements excessifs se prolongent, alors ces unités d'irrigation passeront en mode d'alimentation sous rotation hebdomadaire.
- 6) Le logiciel de gestion d'irrigation sera mis en oeuvre chaque jour à 2h30 de l'après-midi, pour des décisions à implémenter à 3h30. Toute pluie supérieure à 50 mm, intervenant après 3h00 dans l'une quelconque des unités secondaires, requiert une mise en oeuvre du modèle le matin suivant à 8h30 pour procéder aux ajustements vers 9h00 si nécessaire.

#### 4.4 La transmission des ordres opératoires

Après avoir été approuvées par l'unité de contrôle les décisions en matière d'allocation seront acheminées par E-mail aux FDC et à la station de pompage. Toute négociation ou demande de clarification sera effectuée par l'intermédiaire de la radio VHF.

## 5. MISE EN OEUVRE

Le projet de Kerian se verra alloué une somme de 1.1 millions US\$ dans le 7ème plan national Malasien, pour la mise en oeuvre de l'IMCS (Irrigation Management Control System) (équivalent d'un système de télégestion) ainsi que pour l'automatisation des ouvrages importants. A titre de démarrage, un secteur d'irrigation d'environ 1000 hectares, comportant 5 blocs secondaires, sera sélectionné comme zone pilote pour tester l'application de l'IMCS.

Avant la première mise en oeuvre du test de l'IMCS, tous les employés concernés par la gestion des canaux seront formés à la logique de l'IMCS, ainsi qu'aux diverses procédures qu'ils auront à suivre, par exemple la collecte des données. En phase initiale, la hauteur d'eau doit être mesurée journalièrement. Cela permettra le calage fin d'un certain nombre de paramètres et des algorithmes du modèle d'optimisation, comme les coefficients pour le calcul de la pluie efficace, la capacité de stockage au champ, etc. Un bon bouclage terrain sur l'adéquation et l'équité est nécessaire. Au travers de ces contrôles de terrain, non seulement le centre de contrôle peut espérer caler finement les règles de gestion comme cela a été évoqué au paragraphe 4, mais c'est également toute la fiabilité de l'IMCS qui s'en trouve améliorée. Des modules additionnels seront peut-être à ajouter pour prendre en compte des événements non prévus comme des ruptures de berges, des défauts aux vannes, des inondations. Pendant la même période, l'ingénieur responsable de l'irrigation se voit doté d'une somme de 140 000 US\$ pour organiser les agriculteurs en association d'usagers par canal. Les agriculteurs seront formés aux techniques appropriées de gestion de l'eau à la parcelle afin de favoriser leur participation au projet IMCS.