

# Processus d'Evaluation Rapide (PER) et Etalonnage Comparatif (EC)

## Explications et Outils

### Financé à l'origine par:

Food and Agriculture Organization of the United Nations  
FAO Regional Office for Asia and the Pacific  
39 Phra Atit Road  
Bangkok 10200, THAILAND  
Thierry G. Facon – Water Mgmt. Officer  
[Thierry.Facon@fao.org](mailto:Thierry.Facon@fao.org)

### Modifié avec les fonds de :

Irrigation Institutions Window  
The World Bank  
Dr. Fernando Gonzalez – Task Manager  
[FGonzalez@worldbank.org](mailto:FGonzalez@worldbank.org)

par

Dr. Charles Burt  
Irrigation Training and Research Center (ITRC)  
California Polytechnic State University (Cal Poly)  
San Luis Obispo, California, USA 93407  
[cburt@calpoly.edu](mailto:cburt@calpoly.edu)

September 2001  
rev. December 2001  
rev. October 2002 for World Bank Irrigation Institutions Window

Traduction française: Mars 2007

## Table des Matières

<b>Ce Document .....</b>	<b>1</b>
<b>Préparation du travail de terrain.....</b>	<b>2</b>
<b>Généralités.....</b>	<b>2</b>
<b>Le Processus Rapide d'Evaluation (PER) .....</b>	<b>4</b>
<b>Indicateurs Externes relatifs aux origines et destinations de l'eau .....</b>	<b>7</b>
<b>Processus Internes et Indicateurs Internes .....</b>	<b>9</b>
<b>Les feuilles EXCEL du PER .....</b>	<b>12</b>
Directives Générales pour l'utilisation des tableaux EXCEL.....	13
<i>Noms et Types.....</i>	<i>13</i>
<i>Couleurs des cellules et conventions d'entrée des données .....</i>	<i>13</i>
<b>Description des feuilles.....</b>	<b>15</b>
Feuille 1. Intrants – Année 1.....	15
<i>Avant le Tableau 1 .....</i>	<i>15</i>
<i>Tableau 2 – Valeurs mensuelles de ETo.....</i>	<i>22</i>
<i>Tableau 3 – Eau de surface pénétrant dans les limites du périmètre irrigué (Mm3) .....</i>	<i>22</i>
<i>Tableau 4 – Sources d'eau de surface interne (Mm3) .....</i>	<i>23</i>
<i>Tableau 5 – Superficies cultivées mensuelles par culture (ha) dans le périmètre irrigué .....</i>	<i>23</i>
<i>Tableau 6 – Données sur l'eau souterraine .....</i>	<i>23</i>
<i>Tableau 8 – Besoins Agronomiques Spéciaux (mm) .....</i>	<i>25</i>
<i>Tableau 9 – Rendements et revenus des cultures .....</i>	<i>26</i>
FEUILLE 4 . Indicateurs externes .....	26
<b>Section d'indicateurs internes.....</b>	<b>27</b>
Feuille 5. Questions au Bureau du Projet .....	27
Feuille 6 - Employés du Projet.....	28
Feuille 7 . AUE.....	28
Feuille 8 . Canal Principal .....	28
Feuille 9. Canaux secondaires.....	31
Feuille 10. Canaux tertiaires.....	31
Feuille 11. Livraisons Finales .....	32
Feuille 12 Indicateurs internes .....	32
Feuille 13. Indicateurs IPTRID.....	32
Feuille 14. Indicateurs Banque Mondiale BMTI .....	33
<b>Comment interpréter les résultats du PER .....</b>	<b>41</b>
Comment utiliser les valeurs de E I à la parcelle .....	43
Résumé du Processus d' Interpretation.....	44
<b>Conclusions.....</b>	<b>47</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>48</b>

## Ce Document

Ce document WORD® [**Processus d’Evaluation Rapide(PER) et Etalonnage Comparatif**] explique le Processus d’Evaluation Rapide(PER) et donne une brève description des Repères et des données qui doivent être réunies pour les 2 objectifs. Ce document fournit une explication des documents EXCEL® qui sont utilisés par les intéressés durant le PER. Les tableaux EXCEL (avec 12 feuilles internes) sont fournis en 2 exemplaires :

:

1. Evaluation Rapide et Etalonnage Comparatif BLANC.xls
2. Evaluation Rapide et Etalonnage Comparatif EXEMPLE.xls

Comme suggéré par les noms, l’EXEMPLE contient des données que l’utilisateur peut examiner comme exemple avant d’introduire ses propres données dans des tableaux BLANC.

Cette documentation et les 2 tableaux EXCEL peuvent être chargés depuis la Page WEB Cal Poly ITRC:

<http://www.itrc.org/papers/papersindex.html>

## Préparation du travail de terrain

Avant de visiter un projet d'irrigation, on enverra au Projet les tableaux EXCEL suivants :

1. Intrants – Année 1
5. Questions au Bureau du Projet
6. AUE (jusqu'à la ligne 94 incluse; et les lignes 217-225). Les lignes intermédiaires permettront d'intégrer les réponses à des questions qui seront posées par l'enquêteur lors de la visite de terrain.

Toutes les questions doivent être clairement comprises par l'enquêteur avant de visiter le projet, car bien des questions n'obtiendront pas de réponses durant un processus formel d'interview. Plutôt, la majorité des questions seront résolues sur la base des observations faites durant la visite du réseau de canaux, des utilisateurs de l'eau, des bureaux des gestionnaires et des champs irrigués.

## Généralités

Le **Processus d'Evaluation Rapide (PER)** permet au personnel qualifié de déterminer systématiquement et rapidement les indicateurs-clés des projets d'irrigation. Le PER peut généralement être réalisé en 2 semaines ou moins de travail de terrain et de bureau – en assumant que certaines données disponibles rapidement sur le projet ont été rassemblées d'avance par les autorités du projet.

Les indicateurs clés de performance du PER aident à organiser les perceptions et les faits, ce qui facilite les décisions justifiées regardant :

- le potentiel pour la conservation des eaux à l'intérieur d'un projet ;
- Les faiblesses spécifiques du fonctionnement du projet, gestion, ressources et équipement;
- Les actions spécifiques de modernisation qui peuvent être proposées pour améliorer la performance du projet.

Une activité parallèle au PER est nommée **Etalonnage Comparatif**. Comme défini dans les documents préliminaires de l'IPTRID (Programme International pour la Technologie et la Recherche en Irrigation et Drainage), l'étalonnage comparatif (EC) est un processus systématique pour assurer une amélioration continue par comparaison avec les normes et standards internes et externes, pertinents et atteignables. L'objectif global de l'étalonnage comparatif est d'améliorer la performance d'une organisation, mesurée à l'aune de sa mission et de ses objectifs. L'étalonnage comparatif implique une comparaison, soit interne avec les performances précédentes et les futurs cibles souhaitées, soit externe avec des organisations similaires ou des organisations ayant des fonctions similaires. L'étalonnage comparatif s'utilise aussi bien dans le secteur public que privé.

L'étalonnage comparatif incorpore divers indicateurs, plusieurs d'entre eux étant développés à partir du PER. Ce dernier comme les activités de l'étalonnage comparatif de l'IPTRID sont encore en cours d'évolution, donc les indicateurs de ce document PER ne sont pas toujours identiques à ceux des documents IPTRID. Ce document a été révisé pour refléter les efforts actuels de la Banque Mondiale pour harmoniser les processus.

Le Processus d'Evaluation Rapide (PER) de projets d'irrigation fut introduit dans une publication conjointe FAO/IPTRID/Banque Mondiale intitulée *Water Reports 19 (FAO) – Modern Water Control and Management Practices in Irrigation – Impact on Performance* (Burt and Styles, 1999). Cette publication propose une explication du PER et fournit également les résultats du PER pour 16 projets d'irrigation internationaux. Comme autre arrière-plan au PER, les lecteurs sont encouragés à obtenir Water Reports 19, directement de la FAO (<http://www.fao.org/icatalog/inter-e.htm>)

Un autre document discutant de la philosophie de la conception et de la gestion des projets d'irrigation est :

World Bank Technical Paper No. 246 – *Modern Water Control in Irrigation*

(Plusquellec, Burt, and Wolter, 1994)

Disponible à :

Distribution Unit  
Office of the Publisher  
The World Bank  
1818 H Street, N.W.  
Washington, D.C. 20433 USA

## Le Processus Rapide d'Evaluation (PER)

Le PER se définit de la manière suivante:

Le Processus Rapide d'Evaluation (PER) pour les projets d'irrigation est un processus rapide de 1 à 2 semaines visant la collecte et l'analyse des données aussi bien sur le terrain que dans les bureaux. Le processus passe en revue les informations externes telles l'alimentation en eau et les résultats tels que la destination de l'eau (ET, ruissellement de surface, etc.) Il consiste en un examen systématique du matériel et des processus utilisés pour transporter et distribuer l'eau à tous les niveaux dans les limites du projet (de la source jusqu'à la parcelle). Des indicateurs externes et internes sont conçus pour fournir : i) une base d'information pour comparaison avec les performances futures après modernisation ; ii) des repères comparatifs avec d'autres projets d'irrigation ; iii) une base pour élaborer des recommandations spécifiques pour la modernisation et l'amélioration des services de distribution de l'eau.

Le Processus Rapide d'Evaluation (PER) n'a été que récemment utilisé pour faire le diagnostic de projets d'irrigation, bien que des variantes au PER présenté ici aient été utilisées depuis 1989 par le Centre de Formation et de Recherche (ITRC) de l'Université Polytechnique d'Etat de la Californie, sur de nombreux projets de modernisation de l'irrigation sur l'ensemble de l'Ouest des Etats-Unis.

Les procédures de diagnostic traditionnel et la recherche tendent à examiner des *segments* de projet, que ce soit le développement des Associations d'Utilisateurs de l'Eau, ou les fluctuations de débit dans un simple canal latéral. Typiquement, ces projets de recherche nécessitent la collection de données de terrain substantielles sur de longues périodes de temps.

Les besoins en temps et en investissement de telles procédures standard de recherche sont considérables - Kloezen et Garcés-Restrepo (1998) mentionnent que pour un seul projet « trois ingénieurs ont travaillé à plein temps pendant plus d'un an pour collecter les données principales et faire les mesures requises pour appliquer des indicateurs de processus au niveau de canaux et parcelles sélectionnés ». Ils relevèrent en outre qu'un étudiant diplômant avait collaboré au travail effectué à Salvatierra, et que beaucoup de temps avait été passé à visiter les parcelles sélectionnées, à prendre de nombreuses mesures de débits par parcelle, par irrigation... Cinq mois supplémentaires furent nécessaires pour entrer, vérifier et traiter les données. Il est évident que bien qu'une recherche longue puisse fournir une information de valeur sur l'irrigation, les décisions sur les améliorations de modernisation doivent être plus rapides et globales.

Un ingrédient essentiel de l'application réussie de ces PERs est la formation adéquate des enquêteurs. L'expérience montre que la réussite des programmes de PER exige : i) des enquêteurs avec une formation initiale en irrigation, ii) une formation spécifique en techniques de PER, iii) un appui de suivi critique lorsque les enquêteurs entreprennent leur travail de terrain.

Le PER court certainement à l'échec si les dossiers EXCEL sont simplement transmis aux projets locaux d'irrigation pour être remplis sans instruction particulière. Les enquêteurs doivent comprendre la logique derrière toutes les questions, et doivent apprendre la façon d'obtenir plus que des évidences, lors de la collecte des données. Idéalement, si deux enquêteurs qualifiés sont affectés à un simple projet d'irrigation, les indicateurs calculés par ces 2 personnes ont toute chance d'être similaires.

Les données typiques de base pour les indicateurs externes (tels que bilans hydrauliques et efficacités d'irrigation) sont soit disponibles immédiatement, soit elles n'existent pas. Les projets d'irrigation individuels comportent des différences dans l'accessibilité aux données typiques de base, sur le périmètre irrigué, la météorologie, l'alimentation en eau, etc. Dans certains projets les données peuvent être collectées en un jour, alors que pour d'autres cela peut prendre des mois. Habituellement les délais pour l'organisation des données résultent directement du temps nécessaire à sortir les données des dossiers, et à les mettre en ordre. Si les données n'existent pas, ce n'est pas l'adjonction de 3 mois supplémentaires qui permettra de créer ces données.

Un examen rapide et précis d'un projet d'irrigation peut fournir une description précise et pragmatique de l'état du projet, ainsi que des processus et du matériel influençant ce dernier. Ceci permet d'identifier les principales actions pouvant être prises rapidement pour améliorer le service de distribution de l'eau, et ce en particulier si le PER est bien conduit en coopération avec les autorités locales d'irrigation.

La question de définir «la précision raisonnable» des données collectées et des calculs est toujours discutable. Des intervalles de confiance peuvent toujours être attribués à la plupart des données de bilan hydraulique, reflétant la réalité des incertitudes que nous avons toujours dans nos techniques de collecte de données et de calculs relatifs. En matière d'irrigation, on recherche une précision de 5 à 10 %, et non un intervalle de précision de 0.5 à 1% (Clemmens et Burt, 1997). Les problèmes rencontrés dans les projets d'irrigation sont typiquement si importants et évidents (pour un œil entraîné...), qu'il n'est pas nécessaire de rechercher une précision extrême, pour le diagnostic. De plus, i) les projets ont un tel unique spectre de caractéristiques que les résultats d'une étude très détaillée de seulement quelques aspects d'un projet ne pourraient qu'être difficilement transférés à d'autres projets, et ii) même avec une recherche détaillée très sophistiquée, il est malaisé d'atteindre mieux que 5-10% de précision sur des valeurs-clés, telles que l'évapotranspiration par les cultures de l'eau d'irrigation

Pour le PER, on commence par une requête préliminaire d'information pouvant être collectée par les autorités du projet d'irrigation – information telle que superficies cultivées, débits dans le réseau, données météorologiques, budgets, et personnel de l'agence. A leur arrivée sur le projet, les enquêteurs mettent en ordre ces données, et les managers du projet sont interrogés au sujet des informations manquantes et leurs perceptions sur le fonctionnement du projet. Puis les enquêteurs visitent la zone du réseau du projet, discutant avec les opérateurs et les fermiers et observant et enregistrant les méthodes et le matériel utilisés pour la gestion de l'eau. Au travers de ce diagnostic systématique, bien des aspects de l'ingénierie et de la gestion du projet apparaissent très clairement.

Les données économiques sont des composantes majeures de certains indicateurs proposés par d'autres. Les expériences de l'auteur indiquent qu'un PER ne convient pas à la collecte de certaines données économiques. Des données telles que le coût global du projet en dollars actuels, revenu par personne, ou la dimension d'unités de gestion de fermes type, n'étaient pas directement disponibles dans la plupart des projets décrits dans le Rapport sur l'Eau N° 19 de la FAO.

En résumé, le PER s'il est correctement réalisé par du personnel qualifié, peut rapidement permettre un aperçu valable de bien des aspects de la conception et du fonctionnement du projet d'irrigation. Par ailleurs, sa structure permet une revue systématique du projet, qui autorise un évaluateur de proposer des recommandations pragmatiques.

Certaines données collectées durant un PER sont aussi très utiles pour quantifier divers indicateurs-repères, identifiés par l'IPTRID. La plupart de ces derniers sont classifiés comme « indicateurs externes », alors que les indicateurs PER incluent les indicateurs tant extérieurs qu'intérieurs. Comme indiqué dans les prochains paragraphes les indicateurs «internes» sont non seulement requis pour comprendre les processus mis en œuvre dans un projet d'irrigation, le niveau de service de distribution de l'eau dans le projet, mais ils permettent à un évaluateur de formuler un plan d'actions, conduisant finalement à une amélioration des indicateurs externes. Les indicateurs externes et les indicateurs de références traditionnels ne fournissent que peu ou pas d'indications sur les actions d'améliorations à réaliser; ils se bornent à indiquer que les choses demandent à être améliorées.

## **Indicateurs Externes relatifs aux origines et destinations de l'eau**

**Indicateurs Externes.** Les indicateurs externes des projets d'irrigation sont des ratios ou pourcentages, ayant généralement la forme :

$$\begin{array}{c} \text{Quantité d'eau requise/ Quantité totale d'eau disponible,} \\ \text{ou} \\ \text{Rendement d'une culture/ quantité d'eau totale délivrée à la parcelle} \end{array}$$

Les indicateurs-repères IPTRID sont considérés comme « indicateurs externes », et le PER génère également une longue liste d'indicateurs externes.

L'indicateur externe présente la caractéristique d'examiner aussi bien les données introduites (intrants) que les résultats d'un projet. Les indicateurs externes sont des expressions de diverses formes d'efficacité, relatives à des budgets, des volumes d'eau ou des rendements de culture. Mais en plus, elles ne nécessitent que la connaissance des intrants et résultats du projet. En eux-mêmes les indicateurs externes ne fournissent aucun aperçu sur la manière d'améliorer les performances ou l'efficacité. L'identification des actions à réaliser pour améliorer ces indicateurs externes découle de l'examen des indicateurs internes, qui eux, examinent les processus et le matériel utilisés par le projet.

Toutefois les indicateurs externes établissent des valeurs-clés, telle que la possibilité ou non de conserver l'eau (sans définir la façon d'accomplir cette action). En fait, de faibles valeurs des indicateurs externes justifient souvent la modernisation de projets, en anticipant que la modernisation ou une intervention améliorera les valeurs de ces indicateurs externes.

Les indicateurs externes du PER se concentrent sur des aspects d'un bilan hydraulique classique. Dans ce but, les valeurs telles que l'évapotranspiration d'une culture, la pluie efficace, et les ressources en eau doivent être collectées. Le principal but des 3 premières feuilles des tableaux EXCEL est d'estimer les indicateurs externes relatifs à l'eau.

**Intervalles de Confiance.** Une certaine quantité d'erreurs et d'incertitudes est inhérente à tout processus de mesures ou d'estimations. Par conséquent, nous ne connaissons pas les valeurs exactes des volumes d'eau requis pour calculer des termes telle que l' « efficacité d'irrigation ». Les estimations des volumes entrants dans le bilan doivent être basées sur des mesures ou des calculs.

Dans les rapports fournissant des estimations des termes tels que rendement de culture, et taux de bilan hydraulique tels que « efficacité d'irrigation » et « alimentation en eau relative », les incertitudes entourant ces estimations doivent être identifiées et quantifiées. Autrement les planificateurs ne peuvent pas savoir si la valeur réelle d'une efficacité de 70%, est comprise entre 65 et 75%, ou entre 50 et 90%

Une méthode pour exprimer l'incertitude à l'aide d'une estimation d'une simple valeur est de spécifier l'intervalle de confiance (CI) de cette estimation. On peut estimer qu'une évaluation raisonnable de la valeur correcte se situe à 5 unités de 70, ce qui permet de fixer la quantité à  $70 \pm 5$ . Plus spécifiquement, la notion d'intervalle de confiance peut être illustrée de la manière suivante, lorsqu'on discute d'une quantité estimée :

« Les enquêteurs sont confiants à 95% que leur estimation de la superficie irriguée du projet est à +/- 7% de 500 000 ha (entre 465 et 535 000 ha) »

Statistiquement un intervalle de confiance est lié à un coefficient de variation (cv), sans unité

$$\begin{aligned} \text{cv} &= \text{moyenne/ déviation standard} \\ &\text{et} \\ \text{CI} &= \pm 2 \times \text{cv} \end{aligned}$$

où CI est exprimé comme une fraction (%) de la valeur estimée. Exprimé différemment, si le CI est de 0.10, cela signifie que les déviations standard de +/- 2 couvrent un intervalle de +/- 10% de la valeur considérée

Considérant une distribution normale des données, environ 68% du temps la valeur réelle se trouve à +/- une déviation standard de la valeur estimée. Autrement dit, environ 95% du temps (d'où vient l'expression « nous avons une confiance de 95% »), la valeur réelle se trouve à +/- 2 fois la déviation standard de la valeur estimée.

On peut logiquement se demander « Quel confiance avez-vous dans le CI choisi ? ». Pour un PER la réponse est : « Le CI n'est pas précis, mais il donne néanmoins une bonne idée du sens de l'enquêteur sur la précision des diverses valeurs » Il est certainement plus indiqué de fournir une indication relative de l'incertitude d'une valeur, plutôt que d'ignorer cette incertitude, et d'avoir des agents qui considèrent les estimations comme des valeurs absolues.

Dans le PER, l'enquêteur doit fournir des estimations de CI pour les diverses quantités des données. Ces estimations de CI sont entrées manuellement dans les cellules vides de la 4eme feuille (4. Indicateurs externes). EXCEL calcule automatiquement les estimations CI pour les indicateurs utilisant ces données.

Le mode le plus commun pour calculer le CI d'une valeur calculée (résultat) est le suivant :

1. Si deux quantités estimées indépendamment sont additionnées, les CI sont liés par la relation:

$$CI_r = \frac{\sqrt{m_1^2 CI_1^2 + m_2^2 CI_2^2}}{m_1 + m_2}$$

où

$CI_r$  = CI du résultat

$CI_1$  = CI de la 1 ere quantité additionnée pour former le résultat

$CI_2$  = CI de la 2 eme quantité additionnée pour former le résultat

$m_1$  = valeur estimée de la 1 ere quantité

$m_2$  = valeur estimée de la 2 eme quantité

3. Si deux quantités estimées indépendamment sont multipliées, les CI sont liés par la relation:

$$CI_r = \sqrt{CI_1^2 + CI_2^2 + \frac{CI_1^2 CI_2^2}{4}}$$

On peut remarquer qu'une estimation rigoureuse des CIs exigerait que l'on définisse des valeurs de CI pour toutes les données originales des trois premières feuilles ENTREE d'EXCEL. Toutefois pour un PER typique, il ne vaut pas la peine de rechercher une précision supérieure à celle obtenue en insérant les estimations de CI dans la feuille « Résumé des indicateurs ». Pour la commodité de l'enquêteur, la feuille « Résumé des indicateurs » calcule automatiquement les CI<sub>r</sub> pour certaines valeurs pertinentes, en utilisant les différentes valeurs de CI fournies par l'enquêteur.

### **Processus Internes et Indicateurs Internes**

Les objectifs globaux de la modernisation sont d'atteindre une amélioration de l'efficacité d'irrigation, de meilleurs rendements des cultures (un autre indicateur externe non utilisé ici), une diminution des dommages aux canaux dus à des niveaux d'eau non contrôlés, une main d'oeuvre plus efficace, une meilleure harmonie sociale, et un environnement amélioré par moins de pertes ou une meilleure qualité des eaux de recyclages. En général ces objectifs ne peuvent être atteints qu'en portant plus d'attention aux détails internes. Les détails spécifiques traités par le PER sont d'améliorer la gestion de l'eau dans l'ensemble du projet et d'améliorer le service de distribution de l'eau aux utilisateurs.

Par conséquent les feuilles 5 à 11 du fichier EXCEL visent les buts suivants :

1. Identifier les facteurs-clés relatifs à la gestion de l'eau dans tout le projet ;
2. Définir le niveau de service de distribution de l'eau aux utilisateurs;
3. Examiner les techniques et processus spécifiques de gestion, ainsi que le matériel utilisés pour la gestion et la distribution de l'eau.

Beaucoup de ces aspects sont décrits dans le formulaire « Indicateurs internes », avec des valeurs classées de 0 à 4 (0 étant pour le moins désirable, et 4 pour le plus désirable).

Un résumé des indicateurs internes est donné dans la feuille 12. La plupart des indicateurs internes ont des sous-composantes, nommées « sous-indicateurs ». Au bas de la feuille, chaque sous-indicateur est affecté d'un « facteur pondérateur »

Comme exemple de l'utilisation des indicateurs internes, l'indicateur primaire I-1 est utilisé pour caractériser le service actuel de distribution de l'eau aux propriétés individuelles. Cet indicateur comprend 4 sous-indicateurs :

- I-1A. Mesures des volumes à la parcelle
- I-1B. Flexibilité à la parcelle
- I-1C. Fiabilité à la parcelle
- I-1D. Equité apparente

Chacun des sous-indicateurs (p.ex No. I-1A). a une valeur potentielle maximale de 4 (la meilleure) et une valeur minimale possible de 0 (la pire).

La valeur de chaque indicateur primaire (p.ex. No. I-1) est déterminée automatiquement dans la feuille « Indicateurs internes » en :

1. appliquant un facteur de pondération relative à chaque valeur de sous-indicateur. Les facteurs de pondération ne sont que relatifs les uns avec les autres à l'intérieur d'un groupe d'indicateur ; un groupe peut avoir une valeur maximale de 4, alors qu'un autre groupe peut avoir une valeur maximale de 2. Le seul facteur important est le facteur relatif de pondération des sous-indicateurs à l'intérieur du groupe ;
2. additionnant les valeurs pondérées des sous-indicateurs ;
3. ajustant la valeur finale basée sur une échelle possible de 0 à 4 (4 indiquant les conditions les plus positives)

## Indicateur primaire I-1 Information

No.	Indicateur primaire	Sous-Indicateur	Critère de classement	Facteur de Ponderation
I-1	Service actuel de distribution de l'eau aux propriétés individuelles (par ex. parcelle ou ferme)			
I-1A		Mesure de volumes livrés aux unités individuelles (0-4)	<p>4 – Dispositifs de mesures et de gestion excellents correctement gérés et enregistrés.</p> <p>3 – Dispositifs de mesures et de gestion raisonnables, gestion opérationnelle moyenne</p> <p>2 – Mesures de volumes et de débits utilisables mais de pauvre qualité.</p> <p>1 – Raisonnable mesure des débits mais pas des volumes</p> <p>0 – Pas de mesures ni de volume, ni de débit.</p>	1
I-1B		Flexibilité aux unités individuelles (0-4)	<p>4 – Fréquence, débit et durée illimités, mais arrangés par les utilisateurs en peu de jours.</p> <p>3 – Fréquence, débit et durées fixes, mais arrangés</p> <p>2 – Rotation fixe, mais il satisfait approximativement les besoins des cultures</p> <p>1 – Distribution par rotation, mais sur la base d'un planning incertain.</p> <p>0 – Pas de règle établie.</p>	2
I-1C		Fiabilité aux unités individuelles (0-4)	<p>4 – L'eau arrive toujours avec la fréquence, le débit et la durée prévus. Le volume est connu.</p> <p>3 – Très fiable en débit et durée, mais il peut y avoir occasionnellement quelques jours de retard. Le volume est connu.</p> <p>2 – L'eau arrive à peu près lorsque nécessaire, et en quantités suffisantes. Le volume est inconnu.</p> <p>1 – Le volume est inconnu et les livraisons ne sont pas très fiables, mais moins de 50% du temps.</p> <p>0 – Fréquence, taux et durée ne sont pas fiables plus de 50% du temps. Les volumes livrés sont inconnus.</p>	4
I-1D		Équité apparente aux unités individuelles (0-4)	<p>4 – Toutes les parcelles de l'ensemble du projet et aus sein des unités tertiaires reçoivent le même type de service de l'eau.</p> <p>3 – Les grandes zones du projet reçoivent la même quantité d'eau, mais dans une zone le service est quelque peu inéquitable.</p> <p>2 – Les zones du projet reçoivent involontairement des quantités d'eau différentes, mais à l'intérieur d'une zone la livraison est équitable</p> <p>1 – Il existe des inéquités moyennes, tant entre zones qu'à l'intérieur de ces dernières.</p> <p>0 – Il existe des différences de plus de 50% au travers du projet de manière assez largement répandue.</p>	4

## Les feuilles EXCEL du PER

**Avant de commencer !! Faites une copie (renommée) du dossier «Evaluation rapide et Etalonnage Comparatif-Forme.xls » (ou un dossier avec un nom similaire ayant le mot *Forme* dans l'intitulé), et stocker le dossier original dans un endroit sûr. A chaque démarrage d'un nouveau projet, faites une nouvelle copie de l'original et utiliser cette copie pour le nouveau projet.**

Les feuilles de PER sont décrites dans le tableau ci-dessous :

<u>Feuilles à l'intérieur du dossier EXCEL</u>	<u>Description de la Feuille</u>
1. Intrants – Année 1	Pour une année hydraulique moyenne, il convient de fournir les intrants suivants (mensuels) : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Noms des cultures</li> <li>- Salinité de l'eau d'irrigation</li> <li>- Valeur limite des valeurs E<sub>Ce</sub> des cultures</li> <li>- Coefficients culturaux à la parcelle, par mois</li> <li>- Superficies implantées</li> <li>- Alimentation en eau</li> <li>- Précipitation</li> <li>- Recyclage et pompage dans l'aquifère</li> <li>- Besoins agronomiques spécifiques</li> </ul>
4. Indicateurs Externes ( <i>ignorer ce cadre, excepté pour entrer les valeurs des « C »</i> )	Calculs automatiques des valeurs mensuelles et annuelles de divers indicateurs relatifs aux ressources en eau. Il s'agit de valeurs temporaires, à l'exception des valeurs « C1 » que l'utilisateur doit introduire. Les valeurs finales importantes se trouvent dans la Feuille 14. «Indicateurs BMTI de la Banque Mondiale »
5 Questions pour le Bureau du Projet	La plupart des données de cette feuille sont fournies par le Bureau du Projet. Cela inclue : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conditions générales du projet</li> <li>- Situation des ressources en eau</li> <li>- Propriétaire des terres et des eaux</li> <li>- Monnaie</li> <li>- Budgets</li> <li>- La gestion opérationnelle du projet, tel que décrite par le personnel de Bureau</li> <li>- Evaluation du Service de distribution de l'eau à différents niveaux du système, annoncée par le bureau.</li> </ul>
6. Employés du Projet	Demande d'information concernant la formation des employés, leurs motivations, les conditions de révocation, ainsi que les descriptions de poste.
7. AUE	Les données sur les Associations d'Usagers de l'Eau, qui n'ont pas été obtenues dans le « Questions au Bureau du Projet »(5), seront collectées ici. Ceci implique d'interroger le Bureau du projet ainsi que les AUE. Les questions sont relatives à : <ul style="list-style-type: none"> <li>- La dimensions des AUEs</li> <li>- Le pouvoir d'organisation</li> <li>- Leurs fonctions</li> <li>- Les budgets</li> <li>- La redevance d'eau</li> </ul>
8. Canal Principal	Données sur le canal principal incluant : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôle des débits</li> <li>- Caractéristiques générales du canal</li> <li>- Régulateurs transversaux</li> <li>- Conditions générales</li> <li>- Règles de gestion</li> <li>- Prises</li> <li>- Communications</li> <li>- Réservoirs de régulation</li> <li>- Qualité de service fourni au niveau inférieur suivant</li> </ul>
9. Canaux secondaires	Identique au canal principal
10. Canaux tertiaires	Identique aux canaux secondaires
11. Livraisons finales	Information concernant le niveau de service de distribution de l'eau aux propriétés individuelles, et au point le plus en aval géré par des employés rémunérés.
<b>12. Indicateurs Internes</b>	Cette feuille résume les indicateurs internes calculés dans les feuilles précédentes, et requiert des informations supplémentaires concernant quelques indicateurs. Des indicateurs pondérés par catégorie sont calculés par groupes de sous-indicateurs .
13. Indicateurs - repères ( <i>à ignorer</i> )	Cette feuille contient des valeurs intermédiaires calculées. Ignorer cette page
<b>14. Indicateurs BMTI Banque Mondiale</b>	Cette feuille avec la feuille N° 12 fournit le résumé final de l'exercice.

## Directives Générales pour l'utilisation des tableaux EXCEL

### Noms et Types

1. Les noms des **feuilles** de tout dossier EXCEL sont identifiés au bas de l'écran. Ces noms ne doivent pas être modifiés.
2. Le dossier EXCEL a deux types généraux de feuilles:
  - a. Feuilles **d'entrées de données**. Ces feuilles demandent des données.
    - i. Dans la première feuille, les données sont manipulées ou/et utilisées dans des calculs sur l'extrême partie droite de la feuille de données, hors de vue de la page d'entrée des données. Le cas échéant, les calculs peuvent être examinés en déroulant les pages vers la droite.
    - ii. Dans les feuilles numérotées 5 - 11, quelques calculs internes apparaissent verticalement alignés sur les données introduites.
  - b. Feuilles **RESUME**. Il s'agit des feuilles 4, 12, 13, and 14. Les deux plus importantes sont les feuilles 12 et 14. Les feuilles 4 et 12 demandent un nombre limité de données, mais leur fonction primordiale est de résumer les diverses données, les valeurs calculées et les indicateurs.

### Couleurs des cellules et conventions d'entrée des données

1. Les conventions de couleur pour la première feuille Entrée –Année « X » sont les suivantes :
  - a. Cellule vide – indique un emplacement pour une entrée de donnée
  - b. Cellule ombrée – contient une valeur par défaut ou calculée ou une explication, ou indique qu'aucune donnée n'est requise. En général, une valeur dans une case ombrée ne doit pas être modifiée, à moins de bien comprendre l'ensemble de la programmation.
  - c. Lettres rouges – indique des valeurs calculées
  - d. Valeurs en bleu – indique des valeurs qui sont transférées d'une autre partie du dossier. Elles peuvent résulter de calculs ou d'entrée simple ailleurs.
2. Les conventions de couleur pour la feuille 4. Indicateurs externes sont les suivantes:
  - a. Cellule vide – dans la colonne "Est. CI" seulement – demande l'entrée manuelle d'une donnée.
  - b. Cellule ombrée – indique des valeurs liées à des feuilles précédentes, ou calculées dans la feuille.
  - c. Lettres rouges – indique des valeurs calculées dans cette feuille
  - d. Valeurs bleues – indique des valeurs qui sont transférées d'une autre partie du dossier.
3. Les conventions de couleur pour toutes les feuilles 5-13 sont les suivantes:
  - a. Cellule vide avec un cadre légèrement surligné – demande l'entrée d'une donnée .
  - b. Cellule vide avec un cadre surligné en gras – indique qu'une valeur est requise, mais demande une information qui peut être ne sera disponible qu'ultérieurement.
  - c. Toute cellule contenant une trame ou est ombrée ne doit pas être remplie.
  - d. Les cellules ombrées contiennent des formules ; elles indiqueront les résultats de calculs automatiques.
  - e. Les cellules avec une trame sont plutôt des séparateurs de sections, ou indiquent qu'aucune donnée n'est requise.

La première feuille d'ENTRÉE demande des données pour une seule année, mais il est important de fournir des données pour de multiples années (c'est-à-dire faire fonctionner le programme plusieurs fois

avec les nouvelles données), car l'examen d'une seule année peut être source d'erreur pour beaucoup de projets qui subissent d'importantes variations de climat et de ressources en eau.

## Description des feuilles

### Feuille 1. Intrants – Année 1

La feuille 1 contient 10 tableaux qui doivent être renseignés par des données, ainsi que diverses cellules individuelles pour des informations spécifiques. Les informations requises sont décrites ci-dessous :

#### Avant le Tableau 1

1. Superficie totale du projet: il s'agit de la superficie brute (ha), comprenant les parcelles desservies par l'infrastructure de distribution de l'eau, et celles qui ne le sont pas.
2. Superficie totale cultivée dans le périmètre irrigué. Il s'agit du nombre d'hectares réellement desservis par l'infrastructure de distribution de l'eau du projet. Il peut y avoir en effet certaines zones du périmètre qui ne reçoivent jamais d'eau, en raison de dégâts aux infrastructures ou de pénuries d'eau, etc.

Efficience de transport estimée pour les eaux extérieures =

$100 \times \text{Volume distribué d'eau d'irrigation extérieure} / \text{Volume d'eau d'irrigation extérieure à la source (s)},$

où dans ce cas, le « point de livraison » est celui où les fermiers prennent contrôle de l'eau, c'est-à-dire où l'Autorité du projet cède l'eau à l'AUE. Quelques fois, une prise représente le point final de distribution de l'Autorité d'Irrigation, permettant de livrer l'eau à 100 parcelles.

Les pertes de transport comprennent les infiltrations, les déversements, les pertes d'eau en remplissant et vidant les canaux, l'évaporation directe du plan d'eau dans le canal, l'évapotranspiration des mauvaises herbes le long des canaux, etc.

L'efficience de transport considère les pertes se produisant entre le point de dérivation initial et l'entrée dans le périmètre d'irrigation, qui peuvent être séparés dans certains cas de plusieurs kilomètres.

4. Estimation de l'efficience de transport pour le recyclage au sein du périmètre. Il s'agit de l'efficience de transport de l'eau générée au sein même du périmètre gérée par l'Autorité du projet. Il s'agit d'eau pompée par l'Autorité à partir de puits et ou dans les fossés de drainage ou d'autres sources internes. Il n'inclut aucune eau externe importée au travers des limites du périmètre.

5. Estimation du taux d'infiltration pour la culture de Riz. Il n'existe une réponse que si le riz paddy est cultivé dans le projet. Il s'agit du pourcentage d'eau appliqué à la parcelle, et qui s'infiltré en-dessous de la zone racinaire. Les taux d'infiltration sont souvent exprimés en mm/jour, dans ce cas il doit être converti en pourcentage de l'eau d'irrigation appliqué à la parcelle.

Beaucoup d'études combinent « infiltration » et « évapotranspiration » pour la rizière, et définissent ainsi une « consommation d'eau totale». Cette convention n'est pas utilisée pour le PER, car elle ne permet pas de séparer ET (qui ne peut pas être recyclée ou réduite) de l'eau infiltrée (qui peut recirculer grâce aux puits et aux drains). Par ailleurs, une telle convention ignore le fait que la percolation profonde est

inévitable pour toutes les cultures, et non seulement pour le riz. Par conséquent cette convention devrait s'appliquer à toutes les cultures et pas seulement au riz.

6. Pertes d'eau de surface estimées depuis la rizière vers les drains. Une réponse n'existe que si le riz paddy est cultivé dans le projet. Il s'agit du pourcentage de l'eau d'irrigation appliquée à la parcelle, ou groupes de parcelles, qui ruissellent des champs et s'écoulent vers les drains de surface. Cela n'inclut pas l'eau qui coule d'une rizière à une autre, à moins qu'elle ne s'écoule finalement dans un drain de surface.
7. Estimation de l'efficacité de l'irrigation à la parcelle pour d'autres cultures. Il s'agit d'une estimation pour des cultures autres que le riz. Les éléments d'inefficacité pour le riz (pertes par infiltration profonde et ruissellement de surface) ont déjà été traités.

Le terme « efficacité d'irrigation » a une définition rigoureuse (Burt et al., 1997). Mais la nature d'un PER est telle que les valeurs requises pour une application rigoureuse ne seront pas disponibles. Par conséquent pour les objectifs du PER :

$$\text{Efficacité d'irrigation à la parcelle} = 100 \times \frac{\text{eau d'irrigation utilisée pour ET et les pratiques spéciales}}{\text{eau d'irrigation appliquée à la parcelle}},$$

où :

- a. la seule « eau » considérée tant dans le numérateur que le dénominateur est de l'eau d'irrigation. L'eau de pluie n'est pas incluse, puisque l'indicateur est une mesure de l'efficacité de l'eau d'irrigation ;
- b. les « pratiques spéciales » incluent l'eau de lessivage des sels, nécessaire à la préparation du sol et au contrôle du climat. Cependant pour chacune de ces catégories, il y a une limite supérieure sur la quantité d'eau considérée à utilisation bénéfique (et qui peut être incluse dans le numérateur). Les calculs du PER englobent une estimation des besoins réels en eau de lessivage. L'eau nécessaire à la préparation du sol pour le riz ne doit pas inclure l'excès d'eau de percolation (causé en retenant trop longtemps l'eau sur une parcelle), ou l'eau qui s'échappe d'une parcelle.
- c. pour des cultures telles que le riz, qui constituent souvent une unité incluant plusieurs parcelles, l'eau passant d'une parcelle à l'autre, l'efficacité à la parcelle peut être basée sur une plus grande unité de gestion faite de plusieurs parcelles plus petites.

En général cette valeur est une estimation grossière. Le tableau EXCEL calcule une valeur correcte de l'efficacité d'irrigation à la parcelle dans la feuille "4. Indicateurs externes" (indicateur N° 31), qui doit être comparée à la valeur estimée.

Cette valeur n'est utilisée que dans un seul but : estimer la recharge vers l'aquifère des infiltrations profondes de la parcelle. Si au terme du PER, cette estimation est différente de l'estimation calculée, l'utilisateur du PER doit ajuster cette valeur estimée (et/ou les valeurs de la percolation profonde du riz et le ruissellement de surface) jusqu'à ce que l'Indicateur 2 égale approximativement l'Indicateur 31.

8. Capacité de débit du canal (aux) principal au point (s) de dérivation. Cette valeur doit exprimer la somme du débit maximal réel (opposé à celle de la conception du projet) à chaque point de dérivation. Parfois la capacité réelle est plus élevée que la capacité initiale de dimensionnement, et dans d'autres cas elle se trouve réduite en raison de l'ensablement ou pour d'autres raisons.
9. Débit de pointe réel dans le canal (aux) principal au droit du point (s) de dérivation. Le but de cette question est de définir le débit maximal de l'eau d'irrigation entrant dans les limites du périmètre. Il ne comprendra aucun pompage interne ou recyclage de l'écoulement.
10. ECe moyen de l'eau d'irrigation. Si possible, la moyenne doit être la moyenne annuelle pondérée, basée sur la charge en sels (ppm x débit x durée). Il doit être calculé en combinant l'eau de surface et l'eau des puits.

### Tableau 1 – Coefficients à la parcelle et limites ECe des cultures

1. Mois de l'année hydraulique. Le tableau fournit 12 cellules au sommet de la section Coefficient de Terrain, dans lesquels les noms des 12 mois seront introduits. Bien que le tableau pourrait avoir par défaut le mois de Janvier dans la première case, bien des projets ont une année hydraulique qui commence à un autre mois – tel Avril en Asie du Sud Est ou Octobre/Novembre au Mexique. Placer le mois approprié dans la cellule vide surlignée pour démarrer le compte de l'année hydraulique.
2. Nom de la culture irriguée. Cette colonne permet à l'utilisateur d'introduire les noms des cultures irriguées du périmètre. Un total de 17 cultures est autorisé, bien que les 3 premières soient déjà allouées au Riz Paddy, laissant les 14 autres cases vides pour l'utilisateur. Bien qu'un périmètre irrigué puisse compter plus de 17 cultures, en général beaucoup de ces cultures ne couvrent qu'une petite surface, et en pratique elles peuvent être regroupées dans une seule catégorie de cultures.

Si une variété est cultivée en double, le nom de cette culture doit être entré 2 fois. Le tableau a déjà par défaut le nom de 3 cultures de riz paddy, car bien des projets ont 3 (ou plus) cultures de riz par année. **Vous ne pouvez pas modifier les cultures de riz paddy ; vous ne pouvez pas substituer d'autres noms pour ces 3 entrées car certains calculs tiennent compte du riz dans ces cellules**

Les noms des cultures ne doivent être entrés qu'une fois dans le Tableau 1. Ils sont automatiquement reportés dans tous les autres tableaux nécessitant des noms de cultures. Ceci assure la cohérence entre les tableaux.

## 1. Salinité

- Salinité moyenne de l'eau d'irrigation (EC<sub>w</sub>, dS/m). Celle qui est enregistrée dans le projet. Les unités de dS/m sont équivalentes à mmho/cm.
- Limite EC<sub>e</sub>, dS/m. Il s'agit de la salinité d'un extrait de pâte saturée du sol, à partir de laquelle le rendement d'une culture commence à décliner. Des exemples sont donnés dans le Tableau A
- 

Tableau A. Tolérance à la salinité du sol de diverses cultures, après germination. (D'après Maas and Hoffman, 1977).

Cultures	Limite EC <sub>e</sub> (EC <sub>e</sub> au déclin initial du rendement) dS/m	Cultures	Limite EC <sub>e</sub> (EC <sub>e</sub> au déclin initial du rendement) dS/m
Alfalfa - Luzerne	2.0	Onion – oignon	1.2
Almond – Amande	1.5	Orange – Agrume	1.7
Apricot – Abricot	1.6	Orchard grass – Herbe de verger	1.5
Avocado-Avocat	1.3	Peach – Pêche	1.7
Barley (grain) - Orge	8.0	Peanut – Arachide	3.2
Bean – Pois	1.0	Pepper – Poivre	1.5
Beet, garden - Betterave	4.0	Plum – Prune	1.5
Bermuda grass – Herbe Bermuda	6.9	Potato – Pommes de terre	1.7
Broad bean – Pois	1.6	Rice, paddy – Riz Paddy	3.0
Broccoli – Broccoli	2.8	Ryegrass, perennial – Ivraie	5.6
Cabbage – Choux	1.8	Sesbania - ???	2.3
Carrot – Carotte	1.0	Soybean – Soja	5.0
Clover - Trèfle	1.5	Spinach – Epinard	2.0
Corn (forage and grain) – maïs (fourrage et grain)	1.8	Strawberry - Fraise	1.0
Corn, sweet - Maïs doux	1.7	Sudan grass – Herbe ( du Soudan)	2.8
Cowpea – Pois ???	1.3	Sugar beet- Betterave à sucre	7.0
Cucumber – Concombre	2.5	Sugarcane – Canne à sucre	1.7
Date – Datte	4.0	Sweet potato- Patate douce	1.5
Fescue, tall - ???	3.9	Tomato –Tomate	2.5
Flax – Lin	1.7	Wheat - Blé	6.0
Grape – Raisin	1.5	Wheat grass, crested - ???	3.5
Grapefruit - Pamplemousse	1.8	Wheat grass, tall - ???	7.5
Lettuce - Lettue	1.3		

Les besoins en lessivage (LR) de chaque culture sont calculés à l'intérieur du tableau EXCEL comme suit :

$$LR = \frac{EC_{iw}}{(5 \times EC_e) - EC_{iw}}$$

où

EC<sub>iw</sub> = EC de l'eau d'irrigation , dS/m

EC<sub>e</sub> = Limite de l'extrait de pâte saturée pour la culture, dS/m

Par exemple, si

EC<sub>iw</sub> = 1.0 dS/m

Culture: maïs en grain

Du Tableau A : ; EC<sub>e</sub> = 1.8 dS/m

$$LR = \frac{1}{(5 \times 1.8) - 1} = .125$$

L'eau supplémentaire requise pour chaque culture pour entraîner le sel apporté par l'eau d'irrigation, est calculée ainsi:

$$\text{Volume d'eau de lessivage pour le contrôle de la salinité} = (\text{ET of irrigation water}) \times \frac{LR}{1 - LR}$$

Par exemple si pour une culture spécifique,  
 ET de l'eau d'irrigation = 100,000 Mm<sup>3</sup>  
 LR = 0.125

Le volume d'eau requis pour le contrôle de la salinité = 14,286 Mm<sup>3</sup>

Toutefois la percolation profonde de la pluie jouera le même rôle (il évacue les sels accumulés en-dehors de la zone racinaire). Par conséquent, dans le PER on approche le besoin en eau d'irrigation par:

Volume d'eau d'irrigation requis pour le contrôle de la salinité = Volume d'eau nécessaire pour le contrôle de la salinité – Percolation profonde des précipitations

## 2. Coefficients au champ.

La plupart des spécialistes d'irrigation sont familiers avec la notion de « coefficient cultural ». Les coefficients culturaux ont été largement utilisés pour l'estimation de l'évapotranspiration (ET) des cultures depuis le milieu des années 1970. La formule utilisée est la suivante :

$$ET_{\text{crop}} = K_c \times E_{T_o}, \text{ où } K_c = \text{coefficient cultural et } E_{T_o} = \text{ET de référence d'un couvert herbeux}$$

Les directives pour l'estimation d' ET et E<sub>T<sub>o</sub></sub> figurent dans le Bulletin FAO Irrigation et Drainage N° 56 – « Evapotranspiration des cultures – Directives pour la détermination des besoins en eau » (Allen et al, 1998).

Des valeurs de « référence » autres que E<sub>T<sub>o</sub></sub> sont parfois utilisées, mais elles ont été rapidement remplacées, lorsque les stations météorologiques ont fourni des données horaires requises pour le calcul de E<sub>T<sub>o</sub></sub>. Le présent document utilise E<sub>T<sub>o</sub></sub>, telle que définie dans le Bulletin FAO pour les raisons suivantes :

- a. E<sub>T<sub>o</sub></sub> est LA « référence » standard actuelle
- b. La majorité d'excellentes recherches sur ET sur une vaste variété de cultures, utilise E<sub>T<sub>o</sub></sub> comme culture de référence

c. Les estimations d'ETo tendent à être plus précises, que d'autres méthodes de référence tel le bac d'évaporation.

Si les seules données locales proviennent de la méthode du bac d'évaporation, il est recommandé aux utilisateurs de consulter le Bulletin FAO N° 56 afin de définir la meilleure conversion des valeurs mensuelles ETpan en ETo . Le tableau B ci-dessous est extrait du Bulletin FAO (p.81), où

$$ETo = Kp \times Epan$$

Tableau B. Coefficients Pan (Kp) pour le Bac Classe A pour différents sites, environnements et différents niveaux d'humidité relative moyenne (RH) et vitesses du vent. (FAO 56)

Bac Classe A Description →	Cas A: Bac placé sur du gazon				Cas B: Bac placé sur une jachère sèche			
		bas (<40)	medium (40 – 70)	haut (>70)		bas (<40)	medium (40 – 70)	haut (>70)
RH moyen (%) →								
Vitesse vent (m s <sup>-1</sup> )	Distance du bac au gazon en direction du vent (m)				Distance du bac à la jachère en direction du vent (m)			
Faible (<2)	1	.55	.65	.75	1	.7	.8	.85
	10	.65	.75	.85	10	.6	.7	.8
	100	.7	.8	.85	100	.55	.65	.75
	1000	.75	.85	.85	1000	.5	.6	.7
Modéré (2-5)	1	.5	.6	.65	1	.65	.75	.8
	10	.6	.7	.75	10	.55	.65	.7
	100	.65	.75	.8	100	.5	.6	.65
	1000	.7	.8	.8	1000	.45	.55	.6
Fort (5-8)	1	.45	.5	.6	1	.6	.65	.7
	10	.55	.6	.65	10	.5	.55	.65
	100	.6	.65	.7	100	.45	.5	.6
	1000	.65	.7	.75	1000	.4	.45	.55
Très fort (>8)	1	.4	.45	.5	1	.5	.6	.65
	10	.45	.55	.6	10	.45	.5	.55
	100	.5	.6	.65	100	.4	.45	.5
	1000	.55	.6	.65	1000	.34	.4	.45

Le tableau EXCEL du PER utilise le terme « coefficient au champ » car assez souvent un « coefficient cultural » n'est utilisé que durant la saison de croissance de la culture, et assez souvent l'usage commun de « coefficient cultural » néglige l'impact du contenu en humidité du sol.

En réalité le « coefficient au champ, Kc » est identique au « coefficient cultural Kc », si le coefficient cultural est ajusté correctement (en utilisant le Bulletin FAO) en incluant des facteurs tels :

- le stress (transpiration réduite) du à une zone racinaire sèche
- l'évaporation à la surface du sol due à la pluie ou l'irrigation

La sélection correcte de coefficients au champ dépend d'une bonne compréhension du tableau 8 dans les feuilles d'ENTREE (précipitations, pluie efficace, et percolation profonde des précipitations). La procédure de calcul utilisée inclut :

- a. Précipitation efficace et eau d'irrigation sont supposés constituer l'unique source d'eau externe pour l'ET au champ ;
- b. L'ET au champ est calculé sur une base mensuelle :

$$ET = Kc \times ETo$$

La précipitation efficace inclut toute précipitation perdue par : soit évaporation (du sol ou des plantes), soit par transpiration, calculée avec la formule ci-dessus. Toutefois si l'on veut tenir compte de l'évaporation du sol pour les mois, durant lesquels la culture n'est pas plantée, on doit faire 2 choses simultanément :

- a. la précipitation efficace doit être calculée pour tenir compte de cette évaporation, et
- b. un coefficient au champ ( $Kc$ ) supérieur à 0 doit être appliqué à ces mois.

La procédure suivante est recommandée pour le PER :

- a. Pour les cultures n'utilisant pas d'eau d'irrigation avant la plantation. Si pour un mois donné, la culture n'a pas été plantée, ou que la culture n'est pas dans le champ, il convient d'assumer que pour ce mois : i) le coefficient cultural = 0, et ii) la pluie efficace reportée pour ce mois ne comprendra que l'eau stockée dans la zone racinaire pour ET, après que les semences soient plantées ;
- b. Pour les cultures utilisant l'eau d'irrigation avant la plantation (par exemple : préparation des rizières, pré-irrigation du coton). Suivre la procédure de (a) ci-dessus jusqu'à ce que l'eau d'irrigation soit appliquée. Ensuite, pour chaque mois jusqu'à ce que la culture soit plantée ou transplantée, il convient de tenir compte des éléments suivants :
  - Le coefficient cultural est supérieur à 0 pour tenir compte de l'évaporation sur le sol de l'eau d'irrigation et de la pluie efficace ;
  - La pluie efficace enregistrée pour ce mois comprendra l'eau qui est stockée pour ET après la plantation, plus la contribution de la pluie à l'évaporation du sol, avant plantation.

Comme exemple, prenons un cas dans lequel :

- Une irrigation préalable à la plantation est appliquée à un champ le premier jour du mois ;
- La culture ne sera pas plantée avant un mois ;
- Le sol reste nu et libre de mauvaises herbes pour ce mois ;
- Le sol reste « humide/sombre » durant 3 jours après que l'eau ait disparu de la surface du sol.

Le tableau C indique la façon de calculer un  $Kc$  moyen mensuel qui prend réellement en compte l'évaporation du sol. Les règles à suivre sont les suivantes :

- La valeur minimale de  $Kc$  est typiquement de 0,15 ;
- Si la surface du sol est « sombre », reflétant son humidité, même s'il n'y a pas de culture en place, un coefficient de 1,05 est approprié ;
- La plupart des cultures de champ non stressées (coton, riz, maïs) ont un coefficient cultural d'environ 1.1, une fois qu'elles ont atteint une couverture ombragée de 100%

Tableau C – Exemple de calcul d'une valeur moyenne mensuelle Kc pour un mois suivant une pré-irrigation du champ, mais avant la plantation.

Jour	Kc	Explications
1	1.05	Irrigation – surface du sol humide
2	1.05	2eme jour d' irrigation – surface du sol humide
3	1.05	1 <sup>er</sup> jour après irrigation. Pas d'eau stagnante. Surface du sol « sombre »
4	1.05	2eme jour après irrigation Surface du sol « sombre »
5	1.05	3eme jour après irrigation. Surface du sol « sombre »
6	0.7	4eme jour après irrigation.
7	0.5	5eme jour après irrigation.
8	0.3	6eme jour après irrigation.
9	0.15	7eme jour après irrigation
10	0.15	8eme jour après irrigation
11	1.05	Pluie – surface du sol humide
12	1.05	2eme jour de Pluie – surface du sol humide
13	1.05	1 <sup>er</sup> jour après la pluie - Surface du sol « sombre »
14	1.05	2eme jour après la pluie - Surface du sol « sombre »
15	1.05	3eme jour après la pluie - Surface du sol « sombre »
16	0.7	4 eme jour après la pluie.
17	0.5	5 eme jour après la pluie
18	0.3	6 eme jour après la pluie
19	0.15	7 eme jour après la pluie
20	0.15	8 eme jour après la pluie
21	1.05	Pluie -Surface du sol humide
22	1.05	2 eme jour de pluie - Surface du sol humide
23	1.05	1 <sup>er</sup> jour après la pluie - Surface du sol « sombre »
24	1.05	2eme jour après la pluie - Surface du sol « sombre »
25	1.05	3eme jour après la pluie - Surface du sol « sombre »
26	0.7	4 eme jour après la pluie.
27	0.5	5 eme jour après la pluie
28	0.3	6 eme jour après la pluie
29	0.15	7 eme jour après la pluie
30	0.15	8 eme jour après la pluie
<b>Kc moyen =</b>	<b>0.71</b>	pour ce mois de 30 jours

Tableau 2 – Valeurs mensuelles de ETo

Les valeurs ETo (mm) par mois doivent être introduites. Voir la discussion précédente sur les coefficients culturaux. Théoriquement ETo doit être calculé sur une base horaire en utilisant la méthode Penman-Monteith en suivant la procédure d'Allen et al (1998).

Tableau 3 – Eau de surface pénétrant dans les limites du périmètre irrigué (Mm3)

Toutes les valeurs de ce tableau sont exprimées en millions de m<sup>3</sup> (Mm<sup>3</sup>), et ne doivent inclure que les eaux qui peuvent être utilisées pour l'irrigation. En d'autres termes, les écoulements d'une rivière au travers du périmètre irrigué, sur laquelle aucun prélèvement n'est effectué (ni dérivation, ni pompage), ne seront pas inclus dans le PER. Le tableau comprend 3 catégories générales d'écoulement de surface :

1. Eau d'irrigation provenant de l'extérieur du périmètre irrigué. L'apport doit être l'apport total au point(s) de dérivation original. Par conséquent, techniquement parlant, il ne s'agit pas de l'apport entrant dans le périmètre. Cette catégorie d' «eau d'irrigation» constitue l'alimentation en eau d'irrigation « officiellement dérivée ».

2. Autres apports d'une source externe #2. Cette ressource peut être identifiée par l'utilisateur du PER et peut être constituée de plusieurs sources physiques, mais regroupées en une seule catégorie. Toutefois, ces écoulements doivent être accessibles par les utilisateurs du périmètre irrigué en tant qu'alimentation pour l'irrigation – soit par dérivation, ou par pompage dans des rivières.
3. Autres apports d'une source externe #3. Même définition que pour #2.

Les concepts-clés du tableau 3 sont les suivants :

1. Le tableau 3 n'inclut que des apports de surface en provenance de l'extérieur des limites du périmètre irrigué.
2. Ces apports ne sont considérés que s'ils sont utilisés pour l'irrigation. Pour les besoins du PER, les Sources externes #2 et #3 ne sont considérées comme eau d'irrigation, que si elles consistent d'eau dérivée ou pompée par des fermiers individuels ou des groupes de fermiers. Beaucoup de projets ont de tels apports supplémentaires, qui n'entrent pas dans le périmètre irrigué par des canaux spécialement construits et maintenus, et pourtant ces apports constituent d'importantes parts de l'alimentation globale dans le périmètre irrigué.

Ici, la valeur importante est l'apport d'eau qui entre dans le périmètre irrigué, et NON le volume d'eau pompée dans des drains, puisque celui-ci peut aussi comprendre des eaux de recyclage de déversements et de ruissellements de surface.

#### Tableau 4 – Sources d'eau de surface interne (Mm3)

Les valeurs du tableau 4 ne représentent pas une alimentation en eau originale, puisque les eaux de surface ont été déjà prises en compte dans le Tableau 3. Elles représentent plutôt les volumes d'eau qui sont recyclées ou pompées à partir de sources de surface, à l'intérieur du projet. Celles-ci peuvent être des eaux, à l'origine contenues dans les canaux d'irrigation, puis déversées, infiltrées en profondeur ou ruisselant des champs. L'origine de l'eau n'est pas l'élément capital du Tableau 4 ; l'important est plutôt d'identifier l'entité qui dérive ou pompe cette eau non canalisée.

#### Tableau 5 – Superficies cultivées mensuelles par culture (ha) dans le périmètre irrigué

Le tableau 5 fournit une information sur la superficie utilisée chaque mois pour chaque culture.

Les valeurs de Kc pour chaque culture figurent dans la ligne immédiatement au-dessus de celle dans lequel vous devez entrer la superficie (ha) de cette culture.

***Si une valeur de Kc supérieure à 0 existe un mois pour cette culture, vous devez introduire la superficie (ha) associée avec cette culture, pour ce mois.***

#### Tableau 6 – Données sur l'eau souterraine

Les questions de ce tableau ne sont requises que si l'eau souterraine est utilisée par les fermiers ou les autorités du projet.

Les bilans en eaux souterraines des projets d'irrigation ignorent fréquemment les sources externes d'eaux souterraines, et le fait qu'une partie de l'eau souterraine peut être simplement de l'eau de surface recyclée. Le présent PER élimine le double-comptage de l'eau recyclée, ce qui se produit si l'eau souterraine est considérée comme une alimentation indépendante.

Le tableau 6 reconnaît qu'un aquifère peut s'étendre bien au-delà des confins du périmètre irrigué.

Les questions sont divisées en 2 catégories : pompage dans l'aquifère à l'intérieur du périmètre irrigué, et pompage dans l'aquifère mais en dehors du périmètre irrigué. Les deux zones doivent être considérées si l'aquifère doit être étudié correctement. Les Indicateurs Externes et les Repères n'utilisent pas les informations sur le pompage extérieur. Toutefois, fréquemment le pompage en dehors du périmètre irrigué dépend entièrement des infiltrations et de la percolation profonde dans les limites du périmètre irrigué. Dans un tel cas, un programme de « conservation de l'eau » à l'intérieur du périmètre irrigué pour minimiser les infiltrations, peut en fait éliminer la ressource en eau pour les pompages d'eau souterraine en-dehors du périmètre. Il peut évidemment y avoir d'autres considérations, telles que la contamination de l'eau souterraine, qui traverse d'anciens sédiments marins, augmentant ainsi la salinité de l'eau souterraine, comparée à l'eau de surface.

Selon la conception du programme, le volume d'eau souterraine « net » pompé dans le périmètre irrigué ne peut qu'être supérieur ou égal à 0. Les calculs tiennent compte des estimations:

- des percolations profondes des champs ;
- des infiltrations des canaux.

La combinaison des 2 éléments représente la recharge de l'aquifère par des eaux d'irrigation externes.

Ensuite, des estimations sont faites du pompage d'eau souterraine dans le périmètre irrigué, soit par les fermiers individuels, soit par l'autorité du projet. Ce volume d'eau pompée est ensuite réduit des pertes estimées. Le résultat est une estimation de l'eau souterraine, qui contribue réellement à l'évapotranspiration.

Le volume d'eau souterraine utilisée pour l'ET est comparé à la recharge alimentée par l'eau de surface. Si la recharge est supérieure à l'ET de l'eau souterraine, alors le pompage « net » d'eau souterraine = 0. Si l'ET de l'eau souterraine est plus grande que la recharge, la différence représente le pompage d'eau souterraine « net ». Dans la plupart des projets d'irrigation, le pompage « net » d'eau souterraine est égal à 0, car typiquement l'aquifère est rechargé avec de l'eau d'irrigation de surface importée.

Bien que le pompage d'eau souterraine soit un aspect important du recyclage de l'eau d'irrigation, il ne s'agit pas d'une « nouvelle » alimentation en eau, pas plus que le serait le recyclage de l'eau de surface. Toutefois, si le recyclage de tout type accroît l'efficacité du projet – il n'a aucun impact sur l'efficacité au champ, à moins que le recyclage se produise sur la parcelle même.

#### Tableau 7 – Précipitation, Précipitation Efficace, et Percolation Profonde des Précipitations

La précipitation brute mensuelle (mm) est introduite au sommet du tableau. Ces valeurs sont obtenues généralement facilement.

Les autres valeurs peuvent s'avérer mystérieuses pour la plupart des utilisateurs, bien que les concepts de précipitation efficace et de percolation profonde soient assez communs. Le problème de l'utilisateur est d'identifier les valeurs correctes. Malheureusement, de simples hypothèses sur la percolation profonde et le pourcentage des précipitations qui sont efficaces, ne sont pas suffisantes pour le PER, conçu pour une application à un large espace géographique, chacun ayant de grandes différences de climats et de cultures.

La précipitation efficace est définie comme la précipitation destinée à l'ET (évaporation ou transpiration) de ce mois ou dans le futur.

La précipitation efficace et la percolation profonde peuvent être introduites dans ce tableau pour l'un ou pour tous les mois, sans considération de la présence d'une culture sur le champ sur le mois considéré. La percolation profonde de la pluie n'est utilisée que dans un but de calcul: comme une réduction calculée du volume d'eau d'irrigation de lessivage nécessaire pour lessiver les sels de la zone racinaire.

Les valeurs mensuelles de la « pluie efficace » et de la « percolation profonde » ne sont en général pas disponibles, et ne sont pratiquement pas disponibles pour les cultures individuelles. Il est cependant important d'estimer ces valeurs.

Comme aide à l'utilisateur du PER, les valeurs calculées de  $ET_{\text{parcelle}}(\text{mm})$  sont reportées à partir des tableaux précédents (ces tableaux se trouvent sur le côté extrême droit des pages de cette feuille, et incluent des calculs utilisant les valeurs de  $ET_o$  et  $K_c$ ). Une fois que l'utilisateur du PER introduit une estimation de la précipitation efficace, une hauteur correspondante de la précipitation efficace apparaît sur le rang suivant.

En général, s'il se produit une faible pluie durant un mois, alors l' $ET_{\text{parcelle}}$  est élevée et la percolation profonde de la pluie sera très faible. Inversement, si une pluie importante se produit, la faible  $ET_{\text{parcelle}}$  résultante conduiront à une plus grande percolation profonde. Cette dernière dépendra du type de sols – des sols sableux favorisent une percolation profonde plus importante que des sols argileux La percolation profonde ne peut pas excéder la différence Précipitation – Précipitation efficace.

#### Tableau 8 – Besoins Agronomiques Spéciaux (mm)

Seules quelques cultures sont mentionnées dans ce tableau. La culture la plus notable est le riz paddy. Comme exemple pour une culture de riz, on peut proposer le cas suivant :

##### EXEMPLE

Une rizière doit être submergée avant la plantation :

Submersion - 1 Mars

Plantation - 15 Mars

La rizière reste couverte avec une faible épaisseur d'eau en permanence, ou au minimum reste engorgée d'eau tout le temps. Par conséquent, le « coefficient au champ  $K_c$  » égal 1,05.

On assume une  $ET_o$  mensuelle de 120 mm durant mars.

Par ailleurs, on assume que le coefficient au champ  $K_c$  est calculé selon l'exemple du début de ce document.

La différence entre cet exemple et le précédent est que celui-ci est très simple : le sol est toujours humide, ce qui conduit à un  $K_c$  toujours égal à 1,05.

Si le coefficient cultural pour Mars est égal à 1,05, l'ET pour l'ensemble du mois de Mars sera alors calculée séparément. Par conséquent, le Tableau 9 n'inclurait aucune ET se produisant entre le 1 et 15 Mars.

Si toutefois, le coefficient cultural de Mars a été entré comme  $1.05/2 = 0.53$ , ce qui indiquerait que l'utilisateur du PER désire compter l'ET débutant le 15 Mars comme Et crop, et alors l'ET entre le 1 et 15 Mars est incluse dans le Tableau 8. Il est recommandé que la première approche soit utilisée (utiliser un Kc de 1,05 pour ce mois).

Si la première approche est utilisée (Kc = 1,05 pour mars), alors la valeur du Tableau 8 ne doit inclure que 2 éléments :

- le volume d'eau d'irrigation percolant en profondeur ;
- le volume d'eau qui s'écoule hors du champ, ou du groupe de champs, vers les drains de surface.

Si des pluies sont intervenues en Mars, une part du ruissellement et de la percolation du champ et/ou des groupes de champs, provient de l'eau de pluie. Le tableau 8 n'inclut que des volumes d'eau d'irrigation; en conséquence tout apport de pluie doit être soustrait de l'infiltration totale et du ruissellement.

### Tableau 9 – Rendements et revenus des cultures

Trois types d'intrants sont requis :

1. Le taux de change local (\$US/ monnaie locale)
2. Rendement typique moyen de chaque culture (en tonne métrique par ha)
3. Le prix de vente à la ferme de chaque culture en (Monnaie locale/tonne métrique).

### **FEUILLE 4 . Indicateurs externes**

Cette feuille sert de stockage temporaire pour certaines valeurs et calculs. Pour l'utilisateur, l'usage primordial de cette feuille est d'y entrer des valeurs d'intervalles de confiance.

## Section d'indicateurs internes

Les feuilles 5 à 12 exigent comme préalable une visite de terrain approfondie par des enquêteurs qualifiés. Ces feuilles se concentrent sur la façon dont le projet fonctionne— quelles sont les instructions, comment l'eau s'écoule-t-elle physiquement à l'intérieur du réseau de canaux/conduites, écart entre la perception et la réalité, et certains autres aspects tels que le personnel, budget et communication. Un rapide examen (Evaluation rapide) sur ces sujets permettra d'identifier immédiatement les forces et faiblesses du projet. Les idées d'action sont virtuellement toujours rapidement apparents après réalisation systématique du PER.

Au premier abord le grand nombre de pages des feuilles 5 à 12 apparaît décourageant. Toutefois un examen approfondi de ces pages indique qu'environ seulement 25% des lignes exige une réponse (les autres lignes sont vides ou donnent des indications) et des calculs ne sont nécessaires que pour quelques articles tels que les questions de budgets. En plus les questions pour le canal principal sont identiques à celles relatives aux canaux secondaires et tertiaires. Un fois que l'enquêteur a assimilé les questions du canal principal, le reste des pages est facilement rempli après la visite de terrain.

### Feuille 5. Questions au Bureau du Projet

La plupart des questions de cette feuille doivent être remplies par les employés du Projet avant la visite de terrain, car elles incluent beaucoup de simples questions telles que salaires, nombre d'employés et politiques affichées du projet.

Toutefois les enquêteurs devront répondre à certaines questions durant la visite de terrain.

Cette feuille inclut certaines questions, qui concernent la possibilité d'existence d'un « chaos » dans un projet. Un « chaos » se produit, quand la réalité d'un projet ne correspond pas à ce que les autorités du projet imaginent qu'il se passe. Par conséquent l'enquêteur doit questionner l'autorité du projet, sur le niveau de service atteint par la distribution de l'eau par le canal principal, ce que font les différents agents, ou comment l'eau arrive aux fermiers individuels. Ces conditions affichées seront plus tard comparées à ce que l'enquêteur observe réellement sur le terrain.

En général le plus aisé est de moderniser les projets d'irrigation ayant un minimum de « chaos ». Si les autorités du projet, soit ne sont pas averties des conditions de terrain réelles, soit refusent de reconnaître certains problèmes, il est alors extrêmement difficile de modifier les choses.

Cette feuille introduit également le concept d'assigner un classement aux caractéristiques du projet, 0 étant le pire et 4 le meilleur. Dans la majorité des cas, l'enquêteur considère une série de descriptions et assigne une classe à chacun des « indicateurs internes » qui seront plus tard résumées dans la feuille 12 « Indicateurs internes ».

Certaines valeurs d'indicateur (telle adéquation de l'O&M) sont automatiquement calculées sur la base de réponses précédentes. L'échelle de classement pour ces valeurs peut apparaître en pressant la touche de la valeur calculée et lisant la formule dans la case.

Cette feuille contient également à la fin, des questions sur le drainage et la salinité. Celles-ci sont utilisées dans divers indicateurs-repères.

S'il existe une association fédératrice et élue par les plus petites AUEs, et en charge de la gestion du projet, alors cette Fédération (FAUE) doit être considérée comme partie du Bureau de Projet.

### **Feuille 6 - Employés du Projet**

La plupart de ces questions exige une évaluation qualitative des conditions dans le projet, l'enquêteur donnant à chaque question une note entre 0 et 4, Les sujets incluent :

- Adéquation de la formation des employés
- Disponibilité de règles écrites sur les performances des employés
- Pouvoir des employés de prendre indépendamment des décisions
- Capacité du projet de licencier des employés avec motifs
- Récompense aux employés pour travail satisfaisant

### **Feuille 7 . AUE**

Dans les feuilles l'abréviation AUE signifie « Association des utilisateurs de l'eau ». Quelques projets d'irrigation ont une importante AUE gérant l'ensemble du système de canaux, mais la distribution finale d'eau est garantie par plusieurs petites AUE. Dans une telle situation les questions d'AUE regardent les plus petites AUE.

Bien des questions sont identiques à celles posées dans la feuille 5.- Questions au Bureau du projet.

Les réponses devront refléter les conditions moyennes au travers de l'ensemble du projet d'irrigation, plutôt que celles de n'importe quelle petite AUE. Par conséquent plusieurs AUE devront être visitées afin d'apporter des réponses correctes à ces questions.

### **Feuille 8 . Canal Principal**

Cette feuille commence avec 6 questions sur les conditions générales dans tout le projet. Les réponses auront un intervalle de confiance élevé (défini précédemment dans la section couvrant les indicateurs externes), mais en raison de grandes différences entre différents projets, les réponses sont significatives.

Le reste des questions est identique pour les canaux secondaires et tertiaires. La plupart des questions s'expliquent d'elles-mêmes, mais quelques points méritent des explications particulières :

1. Temps de transfert de l'onde. Il s'agit de l'intervalle de temps entre la modification d'un débit en un point d'un canal, et la stabilisation de l'onde résultante en un autre point à l'aval.
2. Fonctionnalité des divers ouvrages et instructions. Un enquêteur doit toujours considérer les opérations du point de vue de l'opérateur et se demander à lui (elle)-même : « Si je devais me rendre à cet ouvrage, comment savoir ce qu'il y a à faire, et sera-t-il aisé à régler ? ». Par exemple si l'objectif est de maintenir un niveau d'eau constant au droit d'un ouvrage, quelle est la signification du terme « constant » : 1 cm ou 5 cm ? Et combien de fois par jour le réglage de cet ouvrage devra-t-il être modifié, et même avec ce réglage sera-t-il possible d'obtenir le résultat désiré ? Et l'ouvrage va-t-il être difficile ou dangereux à régler ?

Si un opérateur doit délivrer un certain débit dans un canal, et qu'il n'existe aucun dispositif de mesure du débit (ou le dispositif est imprécis, non maintenu correctement, ou nécessitant un temps

significatif pour se stabiliser), alors il deviendra quasi impossible d'atteindre le résultat escompté avec précision.

Par conséquent l'enquêteur ne se contentera pas d'écouter les explications : il doit se mettre dans la peau de l'opérateur. Il ne suffit pas de savoir que l'opérateur déplace quelque chose et ensuite regarde autre chose: l'enquêteur doit comprendre si ce « quelque chose » constitue la véritable réponse au problème posé, etc.

Le format de la Feuille 8. Canal Principal est le suivant :

1. Les observations sont enregistrées.
2. Les différents aspects du fonctionnement, de l'entretien et des processus font l'objet d'une classification.  
Certains de ces classements dépendent des observations générales, enregistrées dans la même feuille. D'autres classements se justifient d'eux-mêmes.

Il peut sembler que certaines observations générales ne sont pas nécessaires, puisqu'elles sont traitées plus tard sous forme de classification. Elles ont toutefois été incluses pour obliger l'enquêteur à faire un examen plus systématique des diverses caractéristiques – qui sont résumées dans un classement ultérieur.

Les questions relatives au SERVICE réel sont fondamentales. Les enquêteurs doivent reconnaître que :  
**Le PER a été conçu avec l'hypothèse que tous les employés d'un projet d'irrigation n'ont qu'une seule motivation dans leur travail : fournir un service aux utilisateurs**

Quand on analyse un projet par niveau (bureau, canal principal, canaux secondaires et tertiaires, arroseurs, parcelle) un immense projet peut être appréhendé en termes simples. Les opérateurs du canal principal n'ont qu'un seul objectif : tout ce qu'ils font doit être fait pour fournir un excellent service de livraison de l'eau à leur utilisateur direct : les canaux secondaires (et peut-être quelques prises directes sur le canal principal). Ce « concept de service » doit être compris et acceptée par tous, de l'ingénieur en chef au plus modeste agent. Une fois ce concept accepté, la gestion du système devient très simple. Le personnel de chaque niveau n'est responsable des performances qu'à ce seul niveau.

Les opérateurs du canal principal n'ont pas besoin de comprendre les détails des besoins de débit journalier de toutes les parcelles individuelles. Bien sûr, de façon à souscrire au concept de service, les opérateurs ont généralement besoin de connaître l'ultime client, lorsqu'il s'agit du fermier. Mais les détails du débit jour après jour n'ont pas besoin d'être connus à tous les niveaux.

Les opérateurs du canal principal ont plutôt une seule tâche à accomplir : livrer des débits à des prises spécifiques avec un degré de service élevé. Le service dans le PER est décrit avec 3 indices :

- a. Flexibilité, comprenant :
  - Fréquence
  - Débit
  - Durée
- b. Fiabilité
- c. Equité

Pour de très simples techniques d'irrigation à la parcelle, fiabilité et équité sont cruciales. L'absence de ces deux éléments conduit généralement à des problèmes sociaux tels que vandalisme et non paiement des redevances d'eau. Fiabilité et équité sont les pierres angulaires des projets ayant un ordre social satisfaisant.

Afin d'avoir des pratiques d'irrigation à la parcelle efficaces, un niveau minimal de flexibilité est requis. Même avec les plus simples méthodes d'irrigation telles que celles des rizières, les débits sont complètement différents au début de la saison (pour la préparation des sols), à ceux requis lors de l'établissement du riz. De même les besoins de chaque plant ne sont pas identiques au même instant, ce qui signifie que le projet d'irrigation doit inclure une certaine flexibilité.

Pour obtenir une efficacité élevée, le réseau de canaux doit avoir été créé en lui-même une flexibilité suffisante pour s'adapter aux fréquents changements de débits, conséquence des modifications de demandes et de climat. Cependant il est clair que la plupart des projets d'irrigation, d'une part ne sont pas très flexibles, d'autre part ont de faibles efficacités.

Finalement l'enquêteur doit considérer que **le but principal du PER est d'identifier les actions d'amélioration des performances du projet.** Les méthodes modernes d'irrigation à la parcelle, telles que le goutte à goutte et l'aspersion, requièrent un niveau de flexibilité et fiabilité beaucoup plus élevé que les techniques traditionnelles de surface. Durant le PER, l'enquêteur doit toujours se demander :

« Je refuse de me limiter à recommander une réhabilitation du projet – mais je souhaite recommander les étapes qui conduiront le projet à une efficacité plus élevée et une meilleure gestion de l'eau, objectifs futurs indéniables. L'infrastructure, les directives opérationnelles et le personnel seront-ils suffisants pour satisfaire les nouveaux besoins, et sinon, quels ajustements sont nécessaires ? »

Par conséquent, l'examen du canal principal doit être rigoureux. L'enquêteur commencera à son origine et devra parcourir tout l'ouvrage jusqu'à son extrémité aval. Ce qui ne signifie pas que le moindre ouvrage doit être analysé en détail. Mais un enquêteur doit examiner tous les ouvrages-clés tout au long du canal.

Les défis les plus communs que les enquêteurs doivent affronter, incluent :

1. Les autorités du projet souhaitent consacrer un temps disproportionné au barrage, discutant l'entretien du barrage, le bassin versant et les politiques y afférentes. En fait, les seuls éléments du barrage dignes d'intérêt sont : a) le volume stocké et b) le mode de calculs des débits délivrés, leur application et leurs mesures.
2. Les enquêteurs peuvent être amenés à penser que « le canal est identique sur tout son tracé » On peut en conclure que l'enquêteur n'aura besoin d'examiner que les portions du canal à l'aval des ouvrages de tête. Alors qu'il peut en effet s'avérer que le canal est réellement identique sur tout son tracé, il existe en général des différences significatives d'entretien, de pentes, d'ouvrages, etc. tout au long du canal. Ce n'est qu'en le parcourant physiquement que l'enquêteur va appréhender ces différences.
3. Le fonctionnement du canal sera expliqué par les autorités du projet qui accompagneront les enquêteurs. Il s'agit là réellement d'un défi compliqué. La visite du Bureau (feuille 5) vise à obtenir la perspective du personnel de bureau et de leurs chefs. Un but de la visite de terrain est de discuter avec les opérateurs réels des ouvrages et passer en revue leurs remarques – sans être interrompus par leurs chefs désireux de donner la version « officielle ». Dans bien des cas il est nécessaire de séparer

les chefs des opérateurs, afin que ces derniers puissent s'exprimer sans réserve. Par conséquent, la « règle du jeu » doit être établie préalablement à la visite de terrain.

Un autre défi découle de la sélection des canaux à visiter. Parfois un projet aura 2 (ou plus) canaux principaux et des douzaines de canaux secondaires. Un élément favorable est que, en général, les instructions aux opérateurs, le matériel et les niveaux d'entretien sont similaires pour tous les canaux d'un niveau donné. La visite de plusieurs canaux est utile, mais il n'est pas nécessaire de visiter tous les canaux d'un projet.

Il n'y a pas de doute que parmi différents canaux principaux, chacun a ses problèmes d'ingénierie et d'hydraulique spécifiques. Un canal peut avoir un goulet d'étranglement au passage d'une rivière, et un autre aura un problème de contrôle particulier – toute chose semblant être égale par ailleurs. Si l'enquêteur PER peut fournir des recommandations valables pour ces problèmes hydrauliques spécifiques (qui ne sont pas couverts spécifiquement dans les tableaux PER), la crédibilité de l'enquêteur sera renforcée et les recommandations du PER auront plus de chances d'être acceptées. Par conséquent, l'enquêteur durant sa visite, tout en ayant une ample vision du projet, devra prendre une grande quantité de notes.

Le conseil de base aux enquêteurs visitant le réseau d'irrigation est le suivant :

TOUT COMPRENDRE. Comprendre comment les opérateurs PENSENT que les choses doivent fonctionner. Tout remettre en question. Si vous ne comprenez pas les explications, continuer à questionner jusqu'à comprendre la vision des opérateurs; mais allez au-delà de cela. Chaque ouvrage a une fonction. Ne pas se satisfaire d'essayer de visualiser comment cette fonction pourrait être plus facile ou meilleure; questionner la vraie raison pour laquelle cet ouvrage doit remplir cette fonction. Peut-être dans un plan de modernisation un ouvrage fonctionnant actuellement par régulation du débit devrait être plutôt géré par régulation du niveau d'eau amont. En d'autres termes, questionner la nature réelle des stratégies de gestion, et non seulement l'ouvrage individuel. Le PER ne consiste pas à examiner des ouvrages individuels - c'est un examen global d'un processus complet, dans lequel les ouvrages ont un rôle à jouer. On doit appréhender l'ensemble des éléments (opérateurs, directives, infrastructure) pour comprendre le processus, mais le PER questionne également les hypothèses derrière les processus spécifiques eux-mêmes. **Le PER exige des enquêteurs capables de regarder au-delà des éléments individuels; cela demande des enquêteurs qui peuvent visualiser comment les éléments peuvent être manipulés et re-arrangés en tant que partie d'un processus complet procurant un service satisfaisant et une efficacité élevée.**

### **Feuille 9. Canaux secondaires**

Voir discussion sur la Feuille 8. Les canaux secondaires reçoivent l'eau du canal principal. En général les canaux secondaires sont gérés différemment que les canaux principaux.

### **Feuille 10. Canaux tertiaires**

Voir discussion sur la Feuille 8. Dans de nombreux projets de dimensions moyennes, le niveau tertiaire n'existe pas, ce qui implique que cette feuille 10 n'a pas à être remplie.

## **Feuille 11. Livraisons Finales**

Cette feuille considère deux points possibles. Le premier point est l'Unité de Propriété Individuelle – la plus petite unité possédée par un individuel particulier (si la propriété privée est autorisée), ou qui est gérée par un fermier. L'Unité de Propriété Individuelle peut être plus grande qu'une simple parcelle, si un fermier reçoit de l'eau qu'il distribue sur plusieurs parcelles à partir d'une simple prise (très commun aux Etats-Unis). La caractéristique-clé de l'Unité de Propriété Individuelle est qu'en ce point, il n'y a pas de coopération obligatoire entre les fermiers individuels.

Le second point est le Point de Changement de Gestion. Dans les projets à haute densité de prises le Point de Changement de Gestion peut être le même que le point d'Unité de Propriété Individuelle. En d'autres termes, les employés de l'autorité du projet d'irrigation (ou l'association des utilisateurs de l'eau) délivrent l'eau jusqu'au niveau de la parcelle. Le Point de Changement de Gestion est le point de transition entre les employés rémunérés et les volontaires, ou les fermiers.

Dans certains projets, les autorités d'irrigation placent une grande importance sur le nombre de fermiers du projet. On doit aller au-delà de la statistique lorsqu'on examine la présente gestion, car l'autorité du projet peut accorder la gestion de l'eau à des groupes de 200 fermiers – qui sont censés assurer une distribution équitable et fiable de l'eau parmi eux. Il y a donc 2 importants indicateurs à discuter :

- Le nombre de parcelles (Unité de propriété individuelle) à l'aval du Point de Changement de Gestion. Plus grand est ce nombre, moins favorable est la fiabilité, l'équité et la flexibilité du service de livraison de l'eau. De plus, tout nombre plus grand que 1 ou 2 indique que l'irrigation par goutte à goutte ou aspersion sont presque impossible à utiliser.
- Le nombre de prises gérées par employé. Ceci est beaucoup plus significatif que le « nombre de fermiers par employé », car les employés ne sont jamais en mesure de livrer l'eau directement aux fermiers individuels.

## **Feuille 12 Indicateurs internes**

Cette feuille contient 3 types de valeurs:

1. Résumés des divers sous-indicateurs internes évalués dans les feuilles précédentes, puis les valeurs pondérées calculées pour chaque indicateur primaire. Les colonnes ombrées sur le côté droit fournissent des informations sur ces valeurs, les facteurs de pondération et la localisation de la feuille pour les critères de classement détaillé des sous-indicateurs. Toutes les valeurs sont classées de 0 à 4, 4 étant la plus élevée et la plus désirable.
2. Sous-indicateurs et indicateurs principaux, lesquelles valeurs sont introduites directement dans cette feuille (en opposition à celles étant transférées des feuilles précédentes) Ce sont les indicateurs I-32, I-33, and I-34, qui sont toutes classées de 0 à 4.
3. Quelques indicateurs (I-35+) ne se conforment pas au classement 0-4. Ce sont plutôt des taux directs de valeurs ou de valeurs individuelles ayant une signification particulière

## **Feuille 13. Indicateurs IPTRID**

Cette feuille est une feuille intermédiaire qui ne doit pas être utilisée. Se référer plutôt à la Feuille 14, comme décrit ci-dessous.

## Feuille 14. Indicateurs Banque Mondiale BMTI

Cette feuille contient les indicateurs-repères techniques, ou valeurs BMTI – Octobre 2002.  
La définition des diverses valeurs BMTI est donnée ci-dessous :

### Année Hydraulique décrite

: \_\_\_\_\_

### Indicateurs du bilan hydraulique

Indicateur	Définition	Spécifications des données
Volume total d'eau d'irrigation <u>disponible au niveau de l'utilisateur</u> (Mm3) (nommé aussi « eau d'irrigation délivrée »)	Volume total d'eau d'irrigation en Mm3 (surface et souterraine) directement disponible, en utilisant les efficacités adoptées pour les ressources de surface et souterraine. Il inclut les eaux livrées par les autorités du projet aussi bien que l'eau pompée par les utilisateurs eux-mêmes. Dans ce contexte les utilisateurs décrivent les bénéficiaires des services d'irrigation, qui peuvent inclure de simples irrigants ou des groupes d'irrigants organisés en groupes d'utilisation de l'eau. Cette valeur est utilisée pour estimer l'efficacité de l'irrigation à la parcelle, mais pas pour le calcul de l'efficacité du projet d'irrigation.	Calculée à partir des efficacités convenues pour les systèmes de distribution de l'eau (depuis le barrage ou point de dérivation jusqu'au point ultime de livraison par un employé du projet). Inclus les pompages du fermier, car il s'agit d'une « livraison » au sens d'eau d'irrigation disponible à la ferme/parcelle.
Volume annuel total d'eau d'irrigation dans les limites à 3 dimensions du périmètre irrigué (Mm3)	Il s'agit de l'eau d'irrigation importée dans les limites du projet, y compris les dérivations de rivières, ainsi que l'extraction NETTE d'eau souterraine des aquifères. Cette valeur est utilisée pour estimer l'efficacité globale de l'irrigation, mais ne sert pas au calcul de l'efficacité à la parcelle.	La détermination de cette valeur exige un bilan hydraulique détaillé, si de l'eau souterraine est pompée, car l'extraction NETTE doit être estimée
Volume annuel total d'eau d'irrigation, gérée par les autorités (Mm3)	Il s'agit de l'eau d'irrigation, importée par les autorités dans les limites du projet, plus toute les eaux souterraines internes pompées par les autorités. Cette valeur n'est pas utilisée pour le calcul des efficacités, car certains pompages internes peuvent constituer le recyclage de l'eau de la source d'origine. Toutefois c'est le volume d'eau administré par les autorités du projet, utilisé pour les calculs relatifs aux coûts.	

Indicateur	Définition	Spécifications des données
Volume annuel total de fournitures d'eau (Mm3)	Volume annuel total d'eau de surface dérivée et extraction nette d'eau souterraine, plus précipitations totales, en excluant toute eau interne de drainage recyclée à l'intérieur du périmètre	Il s'agit de l'eau d'irrigation importée dans les limites du projet, y compris les dérivations de rivières, les décharges de réservoirs et les extractions NETTES dans l'aquifère. De PLUS, cela inclut les précipitations totales.
Volume annuel total d'eau d' irrigation délivré aux utilisateurs par les autorités du Projet.	Volume annuel total d'eau d' irrigation délivrée aux utilisateurs par les autorités au cours de l'année, qui est directement délivrée par les dérivations ou les pompages des autorités (y compris AUE). Dans ce contexte les utilisateurs décrivent les bénéficiaires des services d'irrigation, qui peuvent inclure de simples irrigants ou des groupes d'irrigants organisés en groupes d'utilisation de l'eau. Ce volume n'inclut pas les pompages des fermiers ou les dérivations des eaux de drainages par les fermiers.	Ceci peut être mesuré directement, ou est plus communément basé sur l'efficience de transport supposée.
Volume annuel total (Mm3) d'eaux souterraines pompées à l'intérieur ou/vers le périmètre irrigué	Volume annuel total (Mm3) d'eaux souterraines pompées par les autorités ou les fermiers, destinées aux parcelles irriguées à l'intérieur du périmètre irrigué. Ces eaux peuvent également parvenir de l'extérieur du périmètre irrigué.	Une réponse devra figurer ici même si l'utilisateur ne connaît pas précisément le volume d'eau pompé. L'incertitude peut être contournée en adoptant si nécessaire un important intervalle de confiance
Volume annuel total (Mm3) de l'ET au champ sur les parcelles irriguées.	Volume annuel total (Mm3) de ET culture. Il inclut l'évaporation du sol aussi bien que la transpiration de la culture. Selon la façon d'introduire les données, cela peut inclure l'évaporation hors saison du sol.	Il s'agit d'une valeur calculée basée sur les coefficients culturaux et les valeurs ET <sub>o</sub> .
Volume annuel total (Mm3) de l'ET- pluie efficace	Volume annuel total (Mm3) de l' évapotranspiration qui doit être fourni par l'eau d'irrigation. Sans considérer la façon d'entrer les données pour ET, ci-dessus, et si l'on suit les directives de ce manuel, on obtient la même finale réponse de (ET – pluie efficace) – qui représente le besoin net d'irrigation.	L'utilisateur fournit une estimation de la pluie efficace, par mois, et par culture. La pluie efficace contribue à l'ET <sub>o</sub> .
Le besoin de pointe net journalier d'irrigation (m3/s)	Le besoin de pointe net journalier d'irrigation (ET – pluie efficace) dans le périmètre irrigué, basé sur l'assolement cultural réel pour cette année. (m3/s)	Calculée comme la valeur de pointe mensuelle (ET – pluie efficace), divisée par le nombre de jours ce mois-là.
Superficie totale du périmètre irrigué (ha)	Superficie physique totale des parcelles du projet (en ha) qui est équipée d'infrastructure d'irrigation et/ou de puits.	

Indicateur	Définition	Spécifications des données
Superficie irriguée, y compris les assolements multiples (ha)	Superficies (ha) des terrains cultivés, bénéficiant de l'irrigation. Si un champ d'un hectare abrite deux cultures irriguées par an, la superficie irriguée sera de 2 ha.	
Apport annuel total pour l'irrigation par superficie de périmètre irrigué (m <sup>3</sup> /ha)	<u>Apport annuel total pour l'irrigation dans le périmètre irrigué /</u> Superficie totale du périmètre irrigué	<u>Apport annuel total pour l'irrigation dans le périmètre irrigué :</u> Voir définition ci-dessus <u>Superficie totale du périmètre irrigué:</u> Voir définition ci-dessus
Apport annuel total pour l'irrigation par superficie irriguée (m <sup>3</sup> /ha)	<u>Volume annuel total d'apport pour l'irrigation /</u> Superficie totale annuelle de cultures irriguées	<u>Volume annuel total d'apport pour l'irrigation</u> Voir définition ci-dessus <u>Superficie totale annuelle de cultures irriguées</u> Voir définition ci-dessus. Y compris assolements culturaux
Efficienc e de transport de l'eau délivrée au projet (%)  (Valeur pondérée utilisant la valeur admise)	<u>Volume d'eau d'irrigation délivrée par les autorités /</u> Volume annuel total des apports d'irrigation de l'autorité du projet	<u>Volume d'eau d'irrigation externe délivrée par les autorités:</u> Volume total d'apport d'eau d'irrigation, délivrée aux utilisateurs d'eau par les autorités toute l'année. Dans ce contexte les utilisateurs décrivent les bénéficiaires des services d'irrigation, qui peuvent inclure de simples irriguants ou des groupes d'irriguants organisés en groupes d'utilisation de l'eau  <u>Volume total annuel des apports d'eau d'irrigation par les autorités .</u> Défini précédemment
Efficienc e de transport estimée pour l'eau souterraine du projet (%)	<u>Volume annuel d'eau souterraine du projet délivrée aux utilisateurs x 100 /</u> Volume annuel d'eau souterraine pompé par les autorités	<u>Volume annuel d'eau souterraine du projet délivrée aux utilisateurs</u> Ceci réfère à une valeur pondérée de l'efficienc e de transport de l'eau souterraine pompée par les autorités dans les puits situés aussi bien à l'intérieur qu' à l'extérieur du périmètre irrigué, mais distribuée à l'intérieur du périmètre irrigué <u>Volume annuel d'eau souterraine pompée par les autorités</u> S'explique de soi
Apport d'eau annuel relatif (RWS)	<u>Volume total annuel d'apport d'eau /</u> Volume total annuel de ET champ dans les parcelles irriguées	<u>Volume total annuel d'apport d'eau</u> Défini précédemment  <u>Volume total annuel de ET champ</u> Défini précédemment

Indicateur	Définition	Spécifications des données
Apport d'irrigation annuel relatif (RIS)	$\frac{\text{Volume total annuel d'apport d'irrigation dans les limites en 3D du périmètre/}}{\text{Volume total annuel de ET – pluie efficace}}$	<u>Volume total annuel d'apport d'irrigation dans les limites en 3D du périmètre</u> Défini précédemment  <u>Volume total annuel de ET – pluie efficace</u> Défini précédemment
Capacité de livraison de l'eau	<u>Capacité (débit) du canal de livraison de l'eau en tête du système/</u> Besoin en eau d'irrigation de pointe (ET)	<u>Capacité (débit) du canal de livraison de l'eau en tête du système</u> : Capacité réelle brute de débit du canal (aux) principal à tous les points de dérivation (m3/s) <u>Besoin en eau d'irrigation de pointe (ET) (m3/s)</u> Défini précédemment
Garantie d'apports des droits d'eau %	La fréquence avec laquelle l'organisation du projet est capable de fournir les livraisons d'eau correspondant aux droits d'eau établis du système,	<u>Droits d'eau du système</u> Le volume d'eau en vrac (Mm3) ou le débit hydraulique de pointe maximum (m3/s) auquel le périmètre a droit chaque année.
Efficiences moyennes d'irrigation à la parcelle %	$\frac{(\text{ET – pluie efficace} + \text{eau de lessivage}) \times 100/}{(\text{Eaux publiques et privées délivrées aux parcelles})}$	Toutes les valeurs sont exprimées en volumes pour 12 mois.
Efficiences d'irrigation du périmètre irrigué %	$\frac{(\text{ET – pluie efficace} + \text{eau de lessivage}) \times 100/}{(\text{Importation d'eau de surface} + \text{eau souterraine nette})}$	Toutes les valeurs sont exprimées en volumes pour 12 mois.

## INDICATEURS FINANCIERS

Indicateur	Définition	Spécifications des données
Taux de recouvrement des coûts	$\frac{\text{Revenus bruts collectés}}{\text{Coût total GFE (gestion, fonctionnement et entretien)}}$	<p><u>Revenus bruts collectés:</u> Total des redevances collectées en paiement des services offerts aux utilisateurs de l'eau</p> <p><u>Coût total GFE:</u> Coût total de la gestion, fonctionnement et entretien (GFE) afin de financer les services d'irrigation et de drainage, en excluant les dépenses d'amortissement, de dépréciation et de renouvellement.</p>
Ratio coût d'entretien / revenus	$\frac{\text{Coût d'entretien}}{\text{Revenus bruts collectés}}$	<p><u>Coût d'entretien:</u> Dépenses totales pour l'entretien du système</p> <p><u>Revenus bruts collectés:</u> Total des redevances collectées en paiement des services offerts aux utilisateurs de l'eau.</p>
Coût total GFE par unité de surface (US\$/ha)	$\frac{\text{Coût total GFE}}{\text{Superficie totale servie par le système}}$	<p><u>Coût total GFE:</u> Coût total de la gestion, fonctionnement et entretien (GFE) afin de financer les services d'irrigation et de drainage, en excluant les dépenses d'amortissement, de dépréciation et de renouvellement..</p> <p><u>Superficie totale servie par le système:</u> Défini précédemment</p>
Coût total par agent employé (US\$/person)	$\frac{\text{Coût total du personnel}}{\text{Nombre total d'employés}}$	<p><u>Coût total de personnel:</u> Coût total du personnel employé pour la fourniture de service en irrigation et drainage, soit sur le terrain, soit au Bureau du projet (y compris personnel de secrétariat et administratif) Les employés des AUE sont inclus.</p> <p><u>Nombre total d'employés engagés pour les services d'irrigation et drainage</u> Nombre total d'agents du personnel employé dans la fourniture de service en irrigation et drainage, soit sur le terrain, soit au Bureau du projet (y compris personnel de secrétariat et administratif) Les employés des AUE sont inclus.</p>

Indicateur	Définition	Spécifications des données
Performance de recouvrement des redevances	<u>Revenus bruts collectés /</u> Redevances brutes facturées	<u>Revenus bruts collectés:</u> Revenus totaux collectés en paiement des services fournis aux utilisateurs de l'eau.  <u>Redevances brutes facturées:</u> Revenus totaux des redevances dues par les utilisateurs pour fourniture des services pour l'irrigation et le drainage.
Agents par unité de surface irriguée (Personnes / ha)	<u>Nombre total d'agents engagés dans le service irrigation/drainage /</u> Superficie totale irriguée gérée par le système	<u>Nombre total d'employés engagés pour les service d'irrigation et drainage</u> Nombre total d'agents du personnel employés pour la fourniture de service en irrigation et drainage, soit sur le terrain, soit au Bureau du projet (y compris personnel de secrétariat et administratif) Les employés des AUE sont inclus. <u>Superficie totale irriguée</u> (défini précédemment)
Nombre de prises (de prélèvement) par opérateur de terrain	<u>Nombre total de prises /</u> Nombre total d'agents engagés dans le service irrigation/drainage	<u>Nombre total d'employés engagés pour les service d'irrigation et drainage</u> Nombre total d'agents du personnel, y compris les superviseurs, employés pour la fourniture de service en irrigation et drainage, soit sur le terrain, soit au Bureau du projet (y compris personnel de secrétariat et administratif) Les employés des AUE sont inclus. <u>Nombres total de prises</u> Le nombre de prises (de prélèvement) à la parcelle, pour les fermiers ou groupes de fermiers, plus les prises sur latéraux et sous-latéraux, qui sont gérées physiquement par le personnel de terrain
Revenu moyen par m3 d'eau d'irrigation livrée aux utilisateurs d'eau par les autorités (US\$/m <sup>3</sup> )	<u>Revenus bruts collectés /</u> Volume annuel total d'eau d'irrigation livrée	<u>Revenus bruts collectés:</u> Revenus totaux collectés en paiement des services fournis aux utilisateurs de l'eau <u>Volume annuel total d'eau d'irrigation livrée</u> Défini précédemment
Coût total GFE par m3 d'eau livrée aux utilisateurs d'eau par les autorités (US\$/m <sup>3</sup> )	<u>Coût total GFE /</u> Volume annuel total d'eau d'irrigation livrée par l'Autorité du projet	<u>Coût total GFE:</u> Coût total de la gestion, fonctionnement et entretien (GFE) afin de financer les services d'irrigation et de drainage, en excluant les dépenses d'amortissement, de dépréciation et de renouvellement. <u>Volume annuel total d'eau d'irrigation livrée par l'Autorité du projet</u> Défini précédemment

## PRODUCTIVE AGRICOLE ET INDICATEURS ECONOMIQUES

Indicateur	Définition	Spécifications des données
Valeur annuelle totale de la production agricole (US\$)	Valeur annuelle totale de la production agricole perçue par les producteurs	
Résultat par unité de surface (US\$/ha)	<u>Valeur annuelle totale de la production agricole</u> / Superficie totale du périmètre irrigué	<u>Valeur annuelle totale de la production agricole:</u> Valeur annuelle totale de la production agricole perçue par les producteurs.  <u>Superficie totale du périmètre irrigué:</u> Le périmètre irrigué est la superficie nominale ou dimensionnée, pouvant être irriguée avec une infrastructure d'irrigation.
Résultat par unité de superficie irriguée, y compris l'assolement cultural multiple (US\$/ha)	<u>Valeur annuelle totale de la production agricole/</u> Superficie totale annuelle des cultures irriguées	<u>Valeur annuelle totale de la production agricole:</u> Défini précédemment <u>Superficie totale annuelle des cultures irriguées</u> Défini précédemment
Résultat par apport d'eau d'irrigation unitaire (US\$/m <sup>3</sup> )	<u>Valeur annuelle totale de la production agricole/</u> Volume total annuel d'apport d'irrigation dans les limites 3D du périmètre irrigué	<u>Valeur annuelle totale de la production agricole</u> Défini précédemment  <u>Volume total annuel d'apport d'eau</u> Défini précédemment
Résultat par volume d'eau unitaire (US\$/m <sup>3</sup> )	<u>Valeur annuelle totale de la production agricole</u> / Apport total d'eau annuel	<u>Valeur annuelle totale de la production agricole:</u> Défini précédemment  <u>Volume total annuel d'apport d'eau</u> Défini précédemment
Résultat par unité d'ET au champ (US\$/m <sup>3</sup> )	<u>Valeur annuelle totale de la production agricole/</u> Volume total d'ET au champ	<u>Valeur annuelle totale de la production agricole:</u> Défini précédemment  <u>Volume total d'ET au champ</u> Défini précédemment

## INDICATEURS DE PERFORMANCE ENVIRONNEMENTALE

Indicateur	Définition	Spécifications des données
Qualité de l'eau : salinité moyenne de l'eau d'irrigation (dS/m).	Salinité (conductivité électrique) de l'apport d'irrigation	Valeur pondérée (par volume) en utilisant des données mensuelles Doit inclure les apports d'eau de surface et d'eau souterraine
Qualité de l'eau : salinité moyenne de l'eau de drainage (dS/m).	Salinité (conductivité électrique) de l'eau de drainage, s'écoulant en dehors du périmètre d'irrigation	Valeur pondérée (par volume) en utilisant des données mensuelles
Qualité de l'eau : BOD moyen de l'eau d'irrigation (mgm/liter)	Charge biologique de l'eau d'irrigation exprimée comme Demande biochimique en Oxygène (BOD)	Valeur pondérée (par volume) en utilisant des données mensuelles Doit inclure les apports d'eau de surface et d'eau souterraine
Qualité de l'eau : BOD moyen de l'eau de drainage (mgm/liter)	Charge biologique de l'eau de drainage exprimée comme Demande biochimique en Oxygène (BOD)	Valeur pondérée (par volume) en utilisant des données mensuelles
Qualité de l'eau : COD moyen de l'eau d'irrigation (mgm/liter)	Charge biologique de l'eau d'irrigation exprimée comme Demande chimique en Oxygène (COD)	Valeur pondérée (par volume) en utilisant des données mensuelles Doit inclure les apports d'eau de surface et d'eau souterraine
Qualité de l'eau : COD moyen de l'eau de drainage (mgm/liter)	Charge biologique de l'eau de drainage exprimée comme Demande chimique en Oxygène (COD)	Valeur pondérée (par volume) en utilisant des données mensuelles
Profondeur moyenne de la nappe phréatique (m)	Profondeur moyenne annuelle de la nappe phréatique, calculée à partir d'observations de la nappe sur l'ensemble du périmètre irrigué	Il s'agit d'une valeur moyenne pour la superficie de la nappe au niveau haut
Variation temporelle de la profondeur de la nappe phréatique (m) (+ indique la montée)	Variation de la profondeur de la nappe phréatique au cours des 5 dernières années	Il s'agit d'une valeur moyenne pour la superficie de la nappe au niveau haut

## **Comment interpréter les résultats du PER**

Le PER en lui-même, n'est qu'un outil de diagnostic. Il permet à un enquêteur qualifié d'examiner systématiquement le projet d'irrigation pour déterminer :

1. Les indicateurs externes, et
2. Les indicateurs internes.

Les indicateurs externes donneront une indication sur la possibilité de conserver l'eau et de renforcer l'environnement par une gestion améliorée de l'eau.

Les indicateurs internes donnent une perspective détaillée sur la manière dont le système est réellement géré, et sur le service de distribution de l'eau offert à tous les niveaux.

L'interprétation des résultats exige la participation d'un ou plusieurs spécialistes d'irrigation, qui appréhendent clairement les options de modernisation. Sans une connaissance profonde de ces options les recommandations peuvent s'avérer inefficaces voire contre-productives.

Les règles de base sont les suivantes :

1. Dans quasiment tous les projets, la modernisation requiert des modifications des équipements et de la gestion.
2. En général, il est tout à fait possible de fournir de hauts niveaux de service de distribution de l'eau aux prises, sans un bon contrôle de l'eau, à condition qu'il y ait un apport d'eau très abondant et que le système soit peu efficace. Toutefois si le système doit aussi être efficace, la seule façon de fournir un bon service de distribution, est d'avoir un excellent contrôle de l'eau.
3. Dans la majorité des projets le service de distribution de l'eau demande à être amélioré de manière à satisfaire les objectifs de base, de coûts de main d'œuvre plus faibles, de déversements réduits, d'améliorations des rendements des cultures, et de réduction des dommages à l'environnement. Le processus PER permet à l'enquêteur de cibler le niveau (aux) approprié sur lequel la modernisation devra commencer.
4. En général, il existe beaucoup de modifications très simples, qui peuvent être réalisées dans la gestion opérationnelle, et de nombreuses autres n'exigeant que des investissements en capital modérés pour des remplacements de matériel.
5. Toutes les modifications doivent être accompagnées par un contrôle de qualité et une excellente formation.
6. On doit clairement comprendre la différence entre l'efficacité de l'irrigation (EI) du périmètre irrigué et l'efficacité de l'irrigation à la parcelle. Dans les projets sans recyclage interne, l'efficacité du périmètre irrigué est généralement inférieure à l'efficacité de l'irrigation à la parcelle. Mais dans les projets avec un recyclage interne de l'eau, l'EI du périmètre irrigué peut être plus grande que l'EI à la parcelle.

L'indicateur – repère de l'EI du périmètre irrigué amalgame bien des indicateurs précédents dans une seule valeur d'indicateur.

$$\text{EI du périmètre irrigué} = \frac{100 \times (\text{ET cult} - \text{pluie efficace} + \text{besoins de lessivage})}{\text{Eau de surface dans le projet} + \text{pompage net eau souterraine}}$$

Cette expression de l'EI n'est pas conforme aux besoins précis définis dans le document ASCE (Burt et al. 1997), mais il en est assez proche pour fournir une estimation raisonnable de l'EI du périmètre irrigué.

Une EI de périmètre irrigué de 100% n'est pas possible. En général des efficiences supérieures à 60% exige un recyclage interne des pertes – soit en recyclant des eaux de surface, soit en pompant des eaux souterraines, ou encore un combiné des deux.

En bref, l'amélioration de l'EI d'un périmètre irrigué peut être obtenue d'une des 2 manières suivantes :

1. Réduire les pertes premières. Ces pertes se produisent dans 2 domaines
  - a. Pertes de transport, incluant :
    - déversement des canaux ou conduites
    - infiltration des canaux
    - consommation d'eau des phréatophytes
  - b. Pertes à la parcelle, incluant :
    - pertes de transport dans les arroseurs
    - ruissellement de surface sur les parcelles
    - percolation profonde sous les parcelles causées par :
      - \* eau stagnante dans les rizières
      - \* application non-uniforme de l'eau d'irrigation
      - \* durée excessive d'application de l'eau d'irrigation

Il y a un avantage considérable de réduire les pertes premières car elles peuvent affecter directement la capacité requise du canal, les pertes d'engrais et de pesticides, l'engorgement local des sols, etc. Dans la plupart des projets, les infiltrations à partir des canaux sont ciblées, bien que souvent, d'autres composantes des pertes premières sont plus importantes et causent des dommages plus importants à l'environnement .

2. Recyclage des pertes premières. Les options de recyclage sont les suivantes :
  - a. Recyclage des eaux de surface. Drains de surface, ruisseaux, et rivières collectent les pertes premières qui proviennent des sources suivantes :
    - infiltration ou percolation profonde qui retournent à ces ruisseaux le trop-plein d'une nappe phréatique élevée.
    - ruissellement de surface à partir des champs
    - déversement des canaux
  - b. Pompage à partir de l'aquifère. Ceci recycle les pertes premières qui ont leur origine dans les infiltrations et la percolation profonde à la parcelle

Dans certains cas, le recyclage est l'option la moins coûteuse et la plus rapide pour améliorer l'efficacité d'irrigation du projet.

Une erreur très commune de la modernisation est l'élimination des pertes premières avec la certitude que cela va améliorer les efficacités du projet d'irrigation. Cependant si ces pertes premières sont déjà être recyclées au sein du projet leur élimination ne peut avoir de réelle effet sur la conservation de l'eau.

Toutefois, d'autres bénéfices peuvent découler de l'élimination des pertes premières tels que :

- fonctionnement plus aisé du système de distribution en cas de pose d'un revêtement
- meilleur rendement des cultures par une meilleure gestion de l'eau première
- diminution de la contamination de l'eau due aux engrais et pesticides.

A l'origine des feuilles d'entrée du PER, l'utilisateur du PER doit fournir une estimation de l'efficacité à la parcelle pour le riz et pour d'autres cultures. Ces estimations doivent tenir compte de toutes les pertes de transport, percolation profonde à la parcelle et ruissellement de surface à l'aval du point de livraison de l'eau par l'autorité du projet.

Mais dans la Feuille 14 - « Indicateurs BMTI de la Banque Mondiale », une meilleure estimation de l'EI à la parcelle est donnée – basée sur le bilan hydraulique du projet. On doit alors comparer cette valeur à celle établie dans la Feuille 1, pour vérifier si cette valeur correspond à celle du bilan hydraulique. En général les valeurs du bilan hydraulique sont plus proches de la réalité.

### **Comment utiliser les valeurs de E I à la parcelle**

1. Si l'efficacité de l'irrigation à la parcelle est faible, on ne doit pas nécessairement en conclure que les fermiers ont besoin d'une meilleure éducation sur la façon d'irriguer correctement. Dans bien des projets une telle formation est inutile car les autorités du projet imposent les plannings et quantités d'eau délivrées, ce qui ne laisse presque aucune choix aux fermiers dans ce domaine.

De faibles efficacités d'irrigation sont typiquement une indication d'un système de distribution d'eau, non fiable, inéquitable et/ou inflexible. Généralement, le système de distribution de l'eau doit être amélioré ponctuellement, avant qu'une amélioration significative globale de cette efficacité à la parcelle puisse être pratiquée.

Ceci dit, il existe une pratique, le planage des parcelles, qui peut être réalisée immédiatement sans modifier le système de distribution de l'eau. La plupart des projets d'irrigation dans le monde utilise l'irrigation de surface et un bon planage du sol est très important pour une distribution uniforme de l'eau à la parcelle.

2. Si l'EI du projet > EI à la parcelle : ceci implique un recyclage important dans le projet
3. L'efficacité de l'irrigation du projet est l'indicateur-clé, indiquant qu'il y a une opportunité à conserver l'eau. L'EI à la parcelle ne donne en elle-même, aucune indication à ce sujet, car la majeure partie des pertes à la parcelle sont souvent recyclées.
4. « La conservation de l'eau » dans un bassin hydrologique (opposée à un projet d'irrigation spécifique) ne peut être assurée que si un des cas suivants se produit :

- Elimination des débits s'écoulant vers des exutoires salés (océan, nappe souterraine salée localisée)
  - Réduction de l'excès d'ET (mauvaises herbes, phréatophyte, et ET drain sont réduites)
5. Une bonne gestion de l'eau, même si elle ne garde pas l'eau dans le bassin, présente d'appréciables bénéfices, en particulier :
- Améliorer la qualité de l'eau à l'aval
  - améliorer le calendrier d'utilisation de l'eau
  - réduire le débit de pointe dans un projet
  - réduction du pompage (parfois)
  - amélioration du rendement des cultures, par un meilleur planning d'application, et moins de lessivage des engrais
  - amélioration de la qualité et des quantités des écoulements dans les rivières et les ruisseaux immédiatement à l'aval des points de dérivation pour l'irrigation

### **Résumé du Processus d'Interpretation**

En général, le processus d'interprétation est le suivant :

1. Les efficacités d'irrigation à la parcelle sont passées en revue. De bonnes efficacités à la parcelle sont tributaires d'un bon service de distribution de l'eau à la parcelle.
2. Les efficacités d'irrigation du projet sont examinées. Il est très commun pour le personnel du projet d'irrigation de souhaiter disposer de débits plus élevés, bien que les inefficacités soient déjà importantes. Une solution alternative pour accroître les débits est d'améliorer l'efficacité.
3. Les efficacités de transport sont relevées et comparées aux efficacités d'irrigation à la parcelle. Toutes deux sont considérées à la lumière de tout recyclage (eaux souterraine ou de surface) susceptible de se produire. La comparaison aide à déterminer le lieu où les efforts doivent être concentrés.
4. Les attributs du service de distribution de l'eau sont examinés à chaque niveau.
5. L'adéquation du matériel et des instructions aux opérateurs est passée en revue.
6. L'existence de systèmes de recyclage est identifiée. Dans bien des projets, l'installation de systèmes de recyclage de l'eau de surface dans des zones stratégiques est un moyen très simple d'améliorer la performance et le service de distribution de l'eau.
7. L'endroit où les employés passent leur temps est une indication importante du lieu où les changements peuvent intervenir. Par exemple, dans bien des projets il y a un grand nombre d'hydrologues qui passent leur temps à effectuer des mesures de débits au moulinet en plusieurs endroits des canaux principaux. En général ce travail imprécis (dû à la nature inhérente du régime non permanent du débit le long du canal et des mesures ponctuelles) peut être entièrement éliminé, si une nouvelle stratégie de livraison de l'eau est adoptée.

Avec la modernisation, certaines actions peuvent être prises en parallèle avec d'autres, mais quelques actions doivent avoir une base solide. Par exemple, l'automatisation avec des systèmes électroniques (contrôleurs logiques programmables) exige d'abord un excellent accès au site, de bonnes communications et une infrastructure solide de réparations électroniques. Le projet devra en outre avoir d'excellents antécédents en matière de maintenance. En d'autres termes, l'automatisation électronique exige une base substantielle, qui manque très souvent dans les projets d'irrigation, et sans cette base, on peut être quasi certain de l'échec de la mise en place de tels systèmes.

Typiquement, les étapes-clés de la modernisation sont les suivantes :

1. Eliminer les divergences entre service « réel » et « déclaré ». Si les managers du projet refusent d'accepter la réalité, il est préférable de consacrer son temps et argent à d'autres projets.
2. Tous les niveaux de personnel doivent comprendre et adopter cette « mentalité de service ». Bien sûr cela ne sera pas immédiat, mais les concepts de modernisation doivent être enracinés dans cette mentalité ; sans cela les essais de modernisation d'un projet n'auront qu'un bénéfice minimal.
3. Examiner les instructions données aux opérateurs, et le cas échéant, les modifier. L'exemple classique est celui de bien des projets en Asie dans lesquels l'objectif des régulateurs est de maintenir un niveau amont constant, mais les opérateurs de la vanne doivent actionner celle-ci selon de strictes instructions (des mouvements d'une vanne spécifique) du Bureau central, basées sur des logiciels ou des tableaux. Une simple vérification de terrain indique que les niveaux de l'eau ne sont pas alors garantis correctement. Les instructions aux opérateurs devront être modifiées, en indiquant simplement : « maintenir le niveau amont de l'eau à l'intérieur d'une certaine marge d'un objectif défini ». L'auteur n'a jamais rencontré un seul opérateur, incapable de déterminer la marge de manœuvre de la vanne, en vue d'atteindre cet objectif.
4. Les trois premiers articles sont les plus faciles, mais ils peuvent aussi être les plus compliqués pour certains agents seniors. Si ces 3 premières étapes ne peuvent pas être atteintes, il vaut mieux, soit abandonner ce projet, ou tenter d'écarter l'agent senior. Il est clair que les modifications de ces 3 étapes vont exiger de la formation et des voyages d'étude, etc.
5. Les prochaines étapes, exposés plus ou moins dans l'ordre de réalisation, visent à améliorer les secteurs suivants :
  - a. Compréhension de la situation réelle du projet. Un expert peut évaluer rapidement un projet, et en raison de sa formation, comprendre presque instantanément les relations de cause à effet et le niveau probable de service. Souvent, les opérateurs et les superviseurs ne voient pas les choses de la même manière. Il est très utile d'installer des enregistreurs de données et de niveaux d'eau sur des sites-clés pour enregistrer les surverses, les variations de débits et de niveaux d'eau. Presque toujours, cela s'avère très révélateur aux opérateurs, qui ne peuvent visiter qu'un seul site par jour.
  - b. Communications à tous les niveaux. Ceci démarre avec des communications d'hommes à hommes, souvent avec des radios.

- c. Mobilité du personnel. En général, un petit groupe d'agents mobiles est beaucoup plus efficace qu'une masse d'agents immobilisés. Ceci car le petit groupe mobile n'est pas juste responsable pour un ou deux ouvrages, mais il est amené à comprendre comment les diverses actions et ouvrages influencent les autres zones. La mobilité peut être améliorée avec de meilleures routes et pistes, des motocyclettes, des camions, etc.
- d. Contrôle et mesure des débits aux points clés de bifurcation. Noter que « mesure » et « contrôle » n'ont pas le même sens, mais tous les deux sont nécessaires. Il y a de nombreuses combinaisons d'ouvrages et de techniques qui fournissent un contrôle et une mesure des débits rapides et précis. Il s'agit typiquement d'un domaine faible dans bien des projets d'irrigation.
- e. Existence de points de recyclage ou réservoir tampon dans le système du canal principal. Un contrôle de l'eau approximatif dans le réseau principal peut rester parfaitement adéquat - aussi longtemps qu'il existe un endroit où on peut re-réguler les débits, situé si possible aux environs de 70% de la longueur totale du canal.
- f. Contrôle amélioré du niveau de l'eau sur l'ensemble du projet. Le contrôle et mesure des débits (voir « d ») concernent uniquement les têtes des canaux et conduites. A l'aval de la tête de réseau, il est important de pouvoir stabiliser des niveaux d'eau de façon à ce que les débits délivrés aux prises ne subissent pas de trop grandes modifications, et que les berges des canaux ne soient pas endommagées. Avec des ouvrages appropriés, ceci est possible sans grand effort.
- g. Réorganisation des procédures de commande et de distribution de l'eau. Dans la plupart des projets modernes, un groupe est responsable de la gestion du canal principal ; un autre est responsable pour les secondaires, et ainsi de suite. Chaque groupe a alors un objectif de service très spécifique. Si un canal principal est découpé en « zones » avec différents bureaux contrôlant des zones différentes, il y a presque toujours des conflits entre zones. La réorganisation des opérateurs est réellement nécessaire. Aussi, l'entière procédure pour recevoir des informations du terrain en temps réel et en répondant rapidement aux requêtes doit être entièrement revue pour la plupart des projets.
- h. Suivi à distance des sites stratégiques. De tels sites sont typiquement les réservoirs tampons, les drains, et les extrémités des canaux.
- i. Contrôle manuel à distance des débits dans des sites stratégiques, qui sont la tête (s) d'un canal principal et les têtes des principales prises sur le canal principal.
- j. Dispositions pour les surverses, et la reprise des débits déversés, aux extrémités des petits canaux.

Ce qui peut surprendre certains lecteurs est le manque total de discussions à propos du revêtement des canaux et de l'équipement d'entretien. Il n'y a pas de doute que l'équipement d'entretien doit être adéquat. Le revêtement des canaux peut réduire les infiltrations et l'entretien. Mais ces sujets ont été discutés durant des décades et les milliards de dollars dépensés pour les revêtements n'ont généralement pas beaucoup contribué aux actions de modernisation. La modernisation n'est pas juste une action unique. Les articles «a» à «j» représentent une divergence de vue par rapport à la traditionnelle approche des

«ingénieurs bétonneurs» vers celle axée sur l'amélioration de la gestion, du fonctionnement et de l'entretien des reseaux.

Un autre aspect manquant est une discussion sur la régulation aval et les algorithmes sophistiqués de régulation des canaux. Il en est ainsi parce qu'un projet d'irrigation doit «bien marcher avant de courir» et ces technologies peuvent être considérées à « haut risque ». Bien que l'auteur ait passé un temps considérable sur ces 2 sujets et leurs applications pratiques, des régulations sophistiquées ne seront sélectionnées qu'après avoir éliminés les autres options... mais jamais avant d'avoir créé une infrastructure de support adéquate. Il n'y a pas de pilule magique pour les performances de la modernisation et de l'amélioration de l'irrigation et des solutions simples procurent souvent d'excellents résultats.

Il est souhaitable d'écouter les opérateurs et essayer d'identifier les rares facteurs qui leur causent le maximum de difficultés. Il est parfois possible de résoudre rapidement certains de ces problèmes. En les résolvant pour les opérateurs, ceux-ci deviendront les meilleurs avocats des efforts ultérieurs de modernisation.

## **Conclusions**

Le PER, lorsque réalisé et analysé par un ingénieur d'irrigation qualifié, fournit des indicateurs expliquant les résultats et processus d'un projet d'irrigation. Beaucoup de ces indicateurs peuvent être utilisés comme références, permettant une comparaison entre projets et performances avant et après modernisation. Le PER fournit, en une très courte période de quelques semaines, une information suffisante pour cibler les interventions-clés de modernisation. Il est par conséquent utilisé par les pays comme outil valable pour définir la priorité d'une part des investissements de divers projets, d'autre part des actions spécifiques à l'intérieur des projets d'irrigation individuels.

## Références bibliographiques

Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. « Evapotranspiration des cultures – Directives pour calculer les besoins en eau des cultures. » FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN 92-5-104219-5. 300 p.

Burt, C.M., A. J. Clemmens, T.S. Strelkoff, K.H. Solomon, R.D. Bliesner, L.A. Hardy, T.A. Howell, and D.E. Eisenhauer. 1997. Irrigation Performance Measures - Efficiency and Uniformity (Performance de l'irrigation : Mesures, efficacité et uniformité). Journal of Irrigation and Drainage Engineering. ASCE 123(6):423-442.

Burt, C. M. and S. W. Styles. 1999. Modern Water Control and Management Practices in Irrigation. Impact on Performance. (Pratiques de la régulation moderne de l'eau et de la gestion de l'irrigation - Impact sur les performances) Water Reports #19. Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISSN 1020-1203. ISBN 92-5-104282-9. 224 p.

Maas, E.V. and G. J. Hoffman. 1977. Crop Salt Tolerance – Current Assessment. (Tolérance au sel des cultures – Evaluation actuelle) American Society of Civil Engineers, Proceedings of the Irrig. and Drainage Journal 103(IR2):115-134.

Kloezen, W. H. and C. Garces-Restreop. 1998. Assessing Irrigation Performance with Comparative Indicators: The Case of Alto Rio Lerma Irrigation District, Mexico. (Evaluation des performances de l'irrigation avec des indicateurs comparatifs : un cas type au Mexique) IWMI Research Report 22.

Plusquellec, H., C. M. Burt and H. W. Wolter. 1994. Modern Water Control in Irrigation - Concepts, Issues, and Applications (Régulation moderne de l'eau d'irrigation – Concepts, problèmes et applications) World Bank Technical Paper Number 246. Irrigation and Drainage Series. The World Bank. Washington, D.C. 104 p.

