



# GUIDE D'ELABORATION DES PROJETS

## A. Identification du projet

---

— Titre du projet : **CREATION DE NOUVELLES VARIETES HYBRIDES ET SYNTHETIQUES DE MIL PAR LA SELECTION ASSISTEE PAR MARQUEURS (MARS)**

— Zones d'exécution : **BASSIN ARACHIDIER SENEGALAIS**

— Type de recherche : **RECHERCHE APPLIQUEE**

— Thèmes prioritaires cibles et activités prévues : **Augmentation de la production céréalière par la culture de nouvelles variétés hybrides et synthétiques de mil**

— Nom du coordonnateur de l'équipe de recherche : **M. Ousmane SY**

— Structure de tutelle du coordonnateur de l'équipe de recherche : **ISRA**

— Institutions partenaires : **ICRISAT**

— Coût du projet (XOF) : **74.896.800 FCFA**

— Durée : **3 ans**

## B. Renseignements administratifs (Une page par partenaire)

---

Nom de l'organisation partenaire : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA)

Type d'organisation (cocher la case correspondante)

Institut de recherche	Université	Institut d'enseignement	Association	ONG	Autre (à préciser)
X					

### Coordonnées de l'organisation

Adresse : BP 3120, Route des Hydrocarbures, Bel Air, DAKAR, SENEGAL

Téléphone : 33 859 17 36

Fax : 33 832 24 27

Adresse électronique : [dgisra@isra.sn](mailto:dgisra@isra.sn)

Site web : [www.isra.sn](http://www.isra.sn)

**NOM DU RESPONSABLE SCIENTIFIQUE DU PROJET  
DANS LA STRUCTURE PARTICIPANTE : M. Ousmane SY**

**TITRE : Cadre Technique Supérieur**

**MONTANT DE LA CONTRIBUTION DEMANDEE PAR LA STRUCTURE (XOF) : 75.000.000 FCFA**

*Je déclare que les renseignements fournis ci-dessus sont conformes et que l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) marque son accord pour participer à l'exécution du projet **CREATION DE NOUVELLES VARIETES HYBRIDES ET SYNTHETIQUES DE MIL PAR LA SELECTION ASSISTEE PAR MARQUEURS (MARS)**.*

**Personne autorisée à signer : Dr Macoumba DIOUF**

**Position dans l'organisation : Directeur Général**

Prénom & Nom

Date

Signature

---

## Renseignements administratifs (Une page par partenaire)

---

Nom de l'organisation partenaire : Institut International de Recherches sur les Cultures des Zones Tropicales Semi-Arides (ICRISAT)

Type d'organisation (cocher la case correspondante)

Institut de recherche	Université	Institut d'enseignement	Association	ONG	Autre (à préciser)
X					

### Coordonnées de l'organisation

Adresse : BP 12404, Niamey, NIGER

Téléphone : +227 20 722529/20 722725

Fax : +227 20 734329

Adresse électronique : [icrisat@cgiar.org](mailto:icrisat@cgiar.org)

Site web : [www.icrisat.org](http://www.icrisat.org)

**NOM DU RESPONSABLE SCIENTIFIQUE DU PROJET**

**DANS LA STRUCTURE PARTICIPANTE : Dr C Tom HASH**

**TITRE :**

**MONTANT DE LA CONTRIBUTION DEMANDEE PAR LA STRUCTURE (XOF) : 74.896.800 F CFA (SOIXANTE QUATORZE MILLIONS HUIT QUATRE SEIZE MILLE HUIT CENTS FRANCS CFA)**

*Je déclare que les renseignements fournis ci-dessus sont conformes et que l'Institut International de Recherches sur les Cultures des Zones Tropicales Semi-Arides (ICRISAT) marque son accord pour participer à l'exécution du projet : **CREATION DE NOUVELLES VARIETES HYBRIDES ET SYNTHETIQUES DE MIL PAR LA SELECTION ASSISTEE PAR MARQUEURS (MARS)***

**Personne autorisée à signer : Dr William D. DAR**

**Position dans l'organisation : Directeur Général**

Prénom & Nom

Date

Signature

## C. Plan de rédaction des projets recherche stratégique

*La police Arial Narrow taille 12, une interligne 1,5 ainsi que le nombre de pages indiquées par partie doivent être strictement respectés)*

### **PARTIE ANONYME**

Les points 1 à 9 devront être présentés sans mention ni de l'identité des scientifiques impliqués dans l'exécution du projet ni de leurs institutions. Au besoin, mentionner Institution 1, Institution 2, Institution 3, etc.).

#### **1. INFORMATIONS GENERALES SUR LE PROJET (2 pages)**

---

1.1. Titre du projet : **CREATION DE VARIETES HYBRIDES ET SYNTHETIQUES DE MIL PAR LA SELECTION ASSISTEE PAR MARQUEURS (MARS)**

1.2. Domaine concerné : RA

1.3. Thème du WAAPP : CREATION VARIETALE ET PRODUCTION

1.4. Sous-thème du WAAPP : CREATION VARIETALE

1.5. Résumé :

La réduction de la pauvreté et l'atteinte de la sécurité alimentaire par l'optimisation et la stabilisation de la production agricole sous diverses contraintes reste l'un des défis majeurs de l'agriculture dans les pays du Sahel (Hammer, 1997 ; ISRA, 2005). Ces contraintes sont, entre autres, d'ordre abiotiques (sécheresse, changements globaux, etc.), biotiques (nuisibles, maladies, etc.) et techniques (techniques culturales inappropriées). C'est ainsi que la création d'un matériel végétal performant et adapté ainsi que l'adoption de systèmes de culture efficaces restent une voie incontournable si l'on veut atteindre l'autosuffisance alimentaire. L'utilisation des variétés hybrides et/ou synthétiques hautement performantes reste l'une des meilleures solutions car il a été démontré que les variétés locales ne pourront jamais satisfaire la demande céréalière avec leur potentiel de rendement limité. Le présent projet a été conçu pour promouvoir la culture de ces nouveaux types de cultivars plus productifs, plus adaptés aux nouvelles conditions édapho-agro-climatiques. Pour accélérer le processus de création de ces nouvelles variétés, la technique de sélection assistée par les marqueurs moléculaires sera utilisée. En effet, l'utilisation des marqueurs moléculaires permettra de sauter plusieurs étapes par rapport à la sélection conventionnelle. Ainsi, des variétés performantes et hautement productives seront obtenues dans des délais plus courts pour la satisfaction des besoins en céréales en milieu rural.

1.6. Mots clés (8 au maximum) : variétés, hybrides, synthétiques, générations, multiplication.

1.7. Durée : 3 ans

## 2. CONTEXTE & JUSTIFICATION (3 pages)

---

Indiquez les motivations scientifiques de la recherche proposée, justifiez l'intérêt de la recherche pour le développement, articulez la recherche avec les priorités nationales et les priorités dans le cadre du WAAPP. Cette partie prendra en charge l'état de l'art sur les questions soulevées.

Le mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] est la culture la plus tolérante à la sécheresse parmi les principales céréales vivrières cultivées dans le monde (L. Gaufichon et al., 2010). Il fait partie des cultures les plus pratiquées dans le monde et se classe au sixième rang après le riz, le blé, le maïs, l'orge et le sorgho en termes de surfaces emblavées et de production. Il est cultivé sur plus de 30 millions d'hectares dans les zones arides et semi-arides des régions tropicales d'Asie et d'Afrique ([www.fao.org/docrep/w1808f/w1808f03.htm](http://www.fao.org/docrep/w1808f/w1808f03.htm)). Comme le blé, le mil est spécifiquement adapté à croître dans les sols les plus marginaux, les plus secs, et les moins fertiles des environnements de culture des céréales (Bidinger et al. 2004). Le mil peut être cultivé dans les sols à texture légère et à régime pluviométrique annuel se situant entre 300 et 350mm, là où le sorgho et le maïs ne peuvent pas donner des bons rendements (Harinaraya et al. 1999). Aux USA, en Australie, en Afrique du Sud et en Amérique du sud, le mil est cultivé sur de petites surfaces principalement comme fourrage pour les animaux et graines pour nourrir la volaille. Dans les zones arides et semi-arides d'Afrique et d'Inde, le mil constitue la principale céréale cultivée pour nourrir les populations rurales. Le mil est la céréale la plus importante en Inde, à la fois par les surfaces emblavées (9,4 millions d'hectares) que par la production annuelle (8,5 millions de tonnes) avec une productivité moyenne de 900kg/ha (India database : 2001-03). L'Inde est aussi le plus grand pays producteur de mil dans le monde en termes de surfaces occupées que de production. Les grains du mil sont utilisés pour la nourriture des hommes et certains animaux comme la volaille et la porcine et les résidus de récolte sont utilisés pour le fourrage, les matériels de construction et/ou le bois de chauffe pour la cuisine dans les ménages ruraux. Le mil est une culture, rustique et tenace, qui peut prospérer dans des zones très chaudes et sèches et sur des sols considérés trop pauvres pour les espèces comme le maïs ou le sorgho. La plante de mil possède une large capacité d'adaptabilité aux environnements de culture. Au Sénégal, le mil est généralement cultivé en culture extensive avec peu d'intrants et les rendements obtenus restent faibles à très faibles variant de 300 à 800kg/ha malgré son bon potentiel de rendement. Cependant, quand les variétés hybrides et améliorées sont cultivées sous irrigation avec forte application d'azote, elles peuvent donner facilement des rendements supérieurs à 4t/ha. L'hybride (F1) est le produit d'un croisement entre deux parents génétiquement différents. La vigueur hybride ou hétérosis est le phénomène qui est associé à l'hybride lorsque son comportement est supérieur à celui de ses parents par rapport aux caractères de croissance et de productivité. L'hétérosis a été observée chez plusieurs

cultures allogames et autogames. Le phénomène de l'hétérosis a été observé depuis 1927 (Conner et Karper, 1927) mais son exploitation commerciale n'a été possible qu'en 1954 lorsque Stephens et Hollande ont découvert le système de la stérilité mâle cytoplasmique. La stérilité male cytoplasmique est un mécanisme d'hérédité génétique et cytoplasmique stable qui permet de reproduire à grande échelle et de façon rentable les semences hybrides ([www.gnis-pedagogie.org/biotechnologie-amelioration-reproduction-mal](http://www.gnis-pedagogie.org/biotechnologie-amelioration-reproduction-mal), **consulté le 2 Avril 2013**) Après cette découverte, plusieurs variétés hybrides ont commencé à fuser de partout dans le monde, principalement des USA et de l'Inde. Par la suite, il a été constaté que l'utilisation des semences (F2) issues de la culture des hybrides (F1) donnait toujours un rendement inférieur et une modification profonde sur tous les caractères y compris la productivité (dégénérescence) (André Gallais, Hubert Bannerot - 1992). Il faut donc utiliser de nouvelles semences (F1) pour conserver le haut rendement et ce fut le principal problème avec la culture des hybrides. La génération (F2) production ne pourrait jamais servir de semences. Il faut rechercher de nouvelles semences (F1) pour chaque campagne (Stephens et Hollande, 1954).

### 3. OBJECTIFS (1 page)

---

L'objectif général de la présente activité est de booster la production nationale en mil par la fabrication et l'introduction dans le système d'exploitation en milieu rural de nouvelles variétés améliorées et des hybrides expérimentaux (F1).

#### **Objectifs spécifiques :**

**OS1 :** Introduire plusieurs lignées mâles stériles et leurs mainteneurs (A et B) d'ICRISAT Inde et Niger pour les tester dans les différentes zones agroclimatiques du Sénégal pour évaluer leur résistance par rapport aux maladies et aux stress bio et abiotiques ;

**OS2 :** Faire des croisements entre les meilleures de ces lignées mâles stériles, les variétés précoces avec les parents restoreurs issus de notre collection nationale ;

**OS3 :** Evaluer par les marqueurs moléculaires la véracité des croisements créés et retenir les hybrides réussis et refaire les hybrides anormaux ;

**OS3 :** Evaluer les performances des hybrides obtenus et les aptitudes générales et spécifiques des lignées créées ;

**OS4 :** Combiner les lignées par similarité pour créer des variétés synthétiques ;

**OS5 :** Conduire les tests DHS/VAT pour homologuer et diffuser les hybrides et les variétés les plus performants par zone agroclimatique ;

**OS6 :** Produire les semences de prébase sur les variétés synthétiques et sur les parents des variétés hybrides. Il s'agit de la lignée mâle stérile (A), son mainteneur (B) et du restoreur correspondant issu de la collection nationale (SL).

---

Préciser le(s) objectif(s) général (aux) et les objectifs spécifiques du projet.

#### **4. RESULTATS ATTENDUS (2 pages) :**

---

**RA1** : Une gamme de variétés mâles stériles avec leurs mainteneurs (A+B) seront importées d'Inde et testées à l'ICRISAT Niger et les meilleures dans les conditions agroclimatiques du Sahel seront retenues et les semences envoyées au Sénégal ;

**RA2** : Plusieurs hybrides à moitié génotype locale (AxR) créés et identifiés à l'aide de marqueurs moléculaires;

**RA3** : Les 10 meilleurs populations locales issues de la collection nationale de mils locaux seront identifiées et choisies pour servir de parents restoreurs dans les croisements avec les lignées mâles stériles ;

**RA4** : Plusieurs lignées issues de croisements entre populations précoces et tardives sont avancées en génération jusqu'à l'homogénéisation ;

**RA5** : Au moins une à deux variétés synthétiques sont homologuées par zone agroclimatique ;

**RA6** : Au moins un ou deux hybrides sont homologués par zone agroclimatique ;

**RA7** : Des semences de prébase sur les variétés et les talons des parents d'hybrides sont multipliés et conservés ;

---

Indiquer les résultats attendus du projet par rapports aux questions posées et aux contraintes à lever



## 5. BENEFICIAIRES (1 page) :

---

Les bénéficiaires du présent projet sont l'ensemble des utilisateurs du mil et de ses dérivées, y compris les travailleurs dans les usines, les parcelles et les services de transport. Il s'agit des hommes, des animaux et des oiseaux, en somme tous ceux qui sont mêlés directement ou indirectement en allant des paysans contractants aux consommateurs en passant par la manutention et le commerce :

- **Les Agriculteurs**, premiers utilisateurs qui sèment, cultivent et récolte le mil. Ils utilisent la graine comme nourriture, les tiges pour faire des palissades et le feuillage pour nourrir le bétail (fourrage).
- **Les Semenciers** qui pourront également disposer de souches de variétés encore prisées et recherchées par certains producteurs parce que bien adaptées à leurs conditions spécifiques d'exploitation agricole.
- **Les Sélectionneurs** qui pourront disposer d'une plus grande diversité génétique, notamment des variétés améliorées haut de gamme, utilisations dans les croisements pour faire de nouvelles variétés ou pour corriger les lacunes d'autres variétés par du backcrossing.
- **Les Scientifiques**, de manière générale, qui disposeront d'importantes ressources génétiques du mil cultivées au Sénégal pour leur recherche.
- **L'Etat et le gouvernement Sénégalais**, qui à travers une bonne production en grains va diminuer ses importations en céréales et économiser ainsi des devises pour d'autres activités de développement.
- **Le Peuple sénégalais en général**, qui bénéficiera des retombées d'une bonne production en mil, les uns pour manger à leur faim, les autres pour vendre et se faire de l'argent et le reste pour travailler les sous produits et dérivées.
- **Les Industriels et les transformateurs** qui, à travers le projet vont disposer de la matière première (graines) en quantité suffisante pour optimiser leurs usines et fabriques.

---

Préciser les bénéficiaires potentiels qui bénéficieront des résultats attendus du projet. On précisera également comment ils bénéficieront des résultats du projet. Cela résultera de la démultiplication et de la promotion des procédés, des systèmes ou des technologies développés par le projet.

---

## **6. DESCRIPTION DES ACTIVITES DU PROJET** (maximum 1 page par activité)

---

Identifier et faire une description des activités du projet. La description doit tenir compte des actions opérationnelles, des actions de formation, des actions de communication... Elle précisera également le chronogramme d'exécution des activités.

### **ACT1 : Test et introduction de lignées mâles stériles :**

Cette activité sera principalement l'œuvre du Dr Tom HASH qui travaille en collaboration directe avec l'ICRSAT Inde détentrice de la collection de lignées mâles stériles. Pour démarrer l'activité, il faut introduire des lignées mâles stériles et leurs mainteneurs depuis les banques de gènes des ICRSAT, Inde et/ou Niger. La demande a été introduite au niveau de Dr Tom Hash qui est responsable des deux banques de gènes. Comme les quantités disponibles sont très faibles, il va aussitôt commencer la multiplication et les semences seront disponibles avant le mois d'Avril 2013. Plus tard, quand on aura à identifier ceux qui se donnent mieux dans notre environnement, on pourra produire nous-mêmes des lignées mâles stériles.

### **ACT2 : Faire les croisements entre lignées MS et Restoreuses et entre variétés précoces et tardives :**

Créer des hybrides en croisant les lignées mâles stériles avec une dizaine de nos meilleures variétés locales issues de la collection nationale de mils locaux conservée au CNRA de Bambey. Cette activité sera réalisée en contre saison 2012/2013 et les hybrides seront disponibles pour évaluation durant l'hivernage 2013.

Créer des croisements entre les variétés précoces et les variétés tardives de la collection nationale pour avoir des lignées précoces, à épis longs et haut potentiel de rendement.

**ACT3 :** Faire une analyse génétique de chaque l'hybride et ses deux parents pour montrer que génétiquement l'hybride a reçu des gènes de chacun des deux parents. Par migration des ADN sur gel agarose, l'hybride doit montrer deux barres correspondant respectivement à ceux des deux parents. Si tel n'est pas le cas, le croisement n'a pas réussi et il faut le reprendre.

**ACT4 :** Evaluer en stations à Bambey, Niore, Darou et Louga les hybrides obtenus jugés réussis avec les analyses moléculaires en vue de mesurer leurs performances agronomiques tant pour les caractères quantitatifs que qualitatifs. Avec les résultats, on va calculer les aptitudes générales et

spécifiques à la combinaison des restoreurs utilisés pour voir ceux qui donnent des hybrides fertiles, stériles ou semi-fertiles. Les parents mâles qui donnent des hybrides fertiles sont de bons restoreurs, ceux qui donnent des hybrides stériles pourront être transformés en mâles stériles et les autres seront purement et simplement éliminés du groupe parce que selon Dr Tom Hash, ils ne pourront jamais de bons restoreurs ou de bons mâles stériles.

**ACT5** : Conduire des tests DHS et VAT avec les meilleurs hybrides en vue de leur recommandation et leur homologation en qualité d'hybrides expérimentaux à cultiver en milieu rural.

**ACT6** : Produire en quantité suffisante les semences des variétés synthétiques homologuées et celles des 3 parents de chaque hybride homologué que sont la lignée mâle stérile (A), le mainteneur (B) et le restoreur R (SL) et donner au service semencier les souches pour la production de semences pré-bases.

## 7. METHODOLOGIE (1 page par activité)

**METH1** : Comme l'ISRA a déjà signé un SMTA avec l'ICRISAT pour le transfert de matériel végétal, sur simple demande que nous avons déjà exprimée, les semences des lignées mâles stériles disponibles nous seront remises pendant le voyage retour prévu en début Octobre 2012. L'autre partie sera envoyée par la première occasion après la multiplication des semences qui va être bientôt démarrée avec les services de l'opération sélection mil de l'ICRISAT Centre Sahélien au Niger. Plus tard, nous pourrions produire nos propres lignées mâles stériles en back crossant les restoreurs dont les hybrides sont restés stériles avec une des meilleures lignées mâles stériles pendant plusieurs générations (4 à 5).

**METH2** : La méthode de fabrication de semences hybrides avec l'utilisation des lignées mâles stériles est simple. On sème le restoreur et la lignée mâle stérile côte à côte avec un ratio de 2/4 ou 2/6 dont le 2 représente le nombre de lignes du parent mâle et les 4 ou 6, le nombre de lignes de la femelle. Des dispositions sont à prendre avec les dates de semis pour que les deux variétés arrivent en floraison en même temps (niking). Dans le cas de plusieurs variétés femelles ou mâles, on pourra tout faire sur la même parcelle en couvrant les épis avec du papier d'autofécondation pour éviter les échanges de pollen. Ce travail se fera en station à Bambey durant la contre saison 2012/2013. Pour la coïncidence des périodes de floraison, le restoreur qui est généralement plus tardif est semé en avance et la lignée mâle stérile est semée après. En cas de problème de « nicking », on peut accélérer la floraison en apportant plus d'azote ou la retarder en réduisant les apports d'eau et de fertilisants.

**METH3** : Après la récolte, un échantillon de graines est prélevé sur chaque hybride et sur chacun de ses deux parents. Les graines sont écrasées et de l'ADN prélevé. Par passage à la centrifugeuse, les ADN sont enrichis, amplifiés et purifiés. On les fait migrer sur un gel agarose et on reproduit le trajet sur papier transparent. Les hybrides réussis portent deux bandes à différents locus, chacune venant d'un parent. Dans le cas contraire, le croisement n'a pas réussi et le produit obtenu n'est pas un hybride, on n'a pas besoin de continuer les tests.

**METH4** : Pour l'évaluer la valeur agronomique des hybrides valables obtenus, il sera installé des essais variétaux en stations dans les différents sites de Nioro, Darou, Bambey et Louga. Le matériel végétal sera composé des hybrides obtenus et des parents placés côte à côte répartis en groupes selon les parents mâles et femelles.

Deux témoins composés de Souna 3 et Thialack2 seront introduits dans le lot pour servir de témoin de comparaison sur les différents paramètres.

Le dispositif expérimental sera en blocs complètement randomisés (RCBD) avec 4 répétitions. Les écartements entre lignes et entre plantes sur la ligne seront de 90cm. Le nombre de lignes par parcelle

sera de 6 dont les 4 centrales forment la parcelle utile et les 2 extrêmes restent des lignes de bordures. La longueur de chaque ligne sera de 6,30m soit un nombre de 8 poquets par ligne et 48 par parcelle élémentaire.

La fertilisation se fera selon les recommandations de la recherche à savoir, pour engrais de fonds du NPK (15-10-10) à raison de 150kg/ha et pour la couverture 2 tranches d'urée de 50kg chacune.

Les principaux paramètres agronomiques cités dans le descripteur du mil (Robert et al. 1986) seront mesurés, une analyse de variance avec Genstat D4 permettra de faire les comparaisons et les courbes et graphiques seront construits avec le logiciel Excel 2007.

**METH5** : L'organisation des résultats des essais variétaux en tableaux autour de chaque femelle avec des lignes et des colonnes remplies pour chaque caractère étudié, nous permettra de pouvoir calculer les aptitudes générales et spécifiques de chaque parent mâle ou restoreur. L'aptitude spécifique à la combinaison est égale à la valeur du croisement moins la moyenne de tous les hybrides du même parent femelle. L'aptitude générale à la combinaison est égale à cette moyenne du croisement diminuée de la moyenne générale de l'essai. Les résultats permettent d'identifier facilement les restoreurs qui ont apporté plus de valeur ajoutée par rapport aux moyennes en ligne et en colonne. Ce sont ces restoreurs qui sont les meilleurs parents à choisir pour faire des hybrides hautement productifs. Leur aptitude générale et spécifique à la combinaison est bonne.

**METH6** : Pour les besoins de l'homologation des variétés, des tests de Distinctivité, d'Homogénéité et de Stabilité (DHS) et de Valeurs Agronomiques et Technologiques (VAT) seront organisés en station à Bambey. La Direction Nationale des Semences (DISEM) sera invitée à visiter et à faire des observations sur le développement de l'hybride et de chacun des trois parents qui le composent. Selon le protocole standard DHS/VAT, l'expérimentation sera implantée sous forme d'essai variétal avec 4 à 6 répétitions. Les conditions de culture restent les mêmes que la recommandation de la recherche en matière de culture du mil ; par contre les paramètres à mesurer seront à la fois quantitatifs et qualitatifs (Voir protocole CEDEAO, 2010). Les données obtenues de même que les observations de la Direction des Semences seront présentées devant la Commission Nationale d'Homologation des Espèces Végétales pour obtenir les inscriptions des hybrides et de leurs parents sur le catalogue national des espèces végétales (Homologation) et c'est seulement après que l'autorisation sera obtenue de reproduire, de cultiver et de commercialiser les semences des variétés hybrides.

**METH7** : La fabrication des semences hybrides avec l'utilisation de la stérilité mâle est simple et facile à exécuter. Il suffit de semer côte à côte le parent femelle (lignée mâle stérile (A)) et le parent mâle (restoreur (R)). Une ceinture avec le restoreur est semée tout autour de la parcelle pour assurer la

fourniture de pollen (Voir schéma en page jointe). Au moment de la récolte, les semences hybrides sont portées par le parent femelle ou lignée mâle stérile (A). Toutes graines récoltées sur la lignée mâle stérile sont des semences hybrides. Les graines récoltées sur le parent mâle peuvent servir pour l'augmentation des semences du restoreur (R). Mais comme indiqué plus haut, pour toujours disposer de semences hybrides, il faut conserver les semences des trois parents et pour cela, il faut les maintenir l'un après l'autre et séparément. Pour avoir plus de semences sur les lignée mâle stérile (A) et lignée mainteneur (B), il faut semer les graines de A à côté des graines de (B). L'épuration consiste à surveiller les quelques épis de la lignée mâle stérile A qui pourrait par mutation produire du pollen. Il faut les enlever systématiquement. Au moment de la récolte, les semences issues de la variété A représente la lignée mâle stérile et les semences récoltées sur B sont des mainteneurs. Le restoreur quant à lui, en sa qualité de variété allogame est multipliée loin de là avec les précautions conventionnelles. Il faut le respect strict des distances d'isolement et une sélection massale sur les plantes et sur les épis pour assurer une bonne reproduction de la variété mère.

---

Préciser de la façon la plus exhaustive la démarche méthodologique, le matériel et les outils utilisés pour la réalisation des travaux envisagés.

## **8. VALORISATION ET DIFFUSION DES RESULTATS (1 page)**

---

Préciser comment les résultats du projet seront valorisés et diffusés en identifiant les activités, les cibles, les supports et les mesures d'accompagnement.

Les résultats obtenus (des variétés hybrides et synthétiques) hautement productives, on passe par :

- Des essais avancés dans les différentes stations ou zones agroclimatiques ;
- Des essais multilocus en milieu réel avec des référentiels dans les principales stations ;
- Des essais DHS pour l'homologation des variétés ;
- Des essais de démonstration et de diffusion à grande échelle ;
- Des posters, des publications et des émissions radio diffusées pour atteindre le maximum d'utilisateurs, etc.

## 9. ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE DU PROJET (1 page)

---

Résumer les impacts environnementaux et sociaux majeurs positifs et négatifs ; résumer les mesures de gestion environnementale et sociale prévues (sous forme de recherche additionnelle ou de façon inclusive dans le projet de recherche), les besoins en capacités, les responsabilités institutionnelles et les coûts y afférents.

La diffusion et la vulgarisation des variétés et des techniques culturales y afférentes sera accompagnées de méthodes et techniques d'information sur les risques et inconvénients liés à l'utilisation des intrants comme les engrais, les pesticides et les fongicides.

Effectivement, les engrais sont à manipuler avec tact pour éviter d'inhaler les poussières et autres dérivées ;

Certains produits chimiques sont interdites d'utilisation, il faut fournir aux paysans et producteurs toute cette liste avec la fiche technique des produits acceptés ;

Il en est de même avec les produits fongiques que les paysans ont l'habitude d'utiliser pour lutter contre les insectes et autres vers du sol qui causent des dommages aux plantes, etc.

## **PARTIE IDENTIFIEE**

### **10. ÉCHEANCIER ET PLAN D'EXECUTION TECHNIQUE (5 pages)**

---

Décrire les activités planifiées avec leur durée et un chronogramme ; faire apparaître la répartition des tâches entre les partenaires associés ; préciser les travaux en collaboration avec les utilisateurs ; indiquer les stratégies de diffusion et de valorisation des résultats ; indiquer les stages, voyages d'étude, formations de courte durée,...).

#### **Activité 1. Test et introduction de nouvelles lignées mâles stériles :**

##### **Cette activité sera conduite par Dr. C. Tom HASH**

Dans la gamme de lignées mâles stériles disponibles à la banque de gènes de l'ICRISAT Hyderabad, il sera procédé à une évaluation des meilleures pour la zone Sahélienne. Ces essais seront conduits à l'ICRISAT centre sahélien de Niamey et les lignées les plus performantes et les plus adaptées aux conditions agroclimatiques seront proposées pour rentrer dans la fabrication des hybrides expérimentaux.

#### **Activité 2. Croisement des lignées mâles stériles avec les populations locales (SL) et entre populations précoces et tardives à épis longs :**

##### **Cette activité sera conduite par M. Ousmane SY**

Les opérations seront conduites à Bambey et si possible durant la contre-saison. Il s'agira de faire des croisements entre les mâles stériles et les 10 meilleures populations locales identifiées et d'autres croisements entre variétés précoces et intermédiaires à épis longs pour l'obtention de variétés synthétiques précoces et à épis longs. Les hybrides issus du croisement entre lignées mâles stériles et populations locales seront évalués pour le rendement, les aptitudes générales et spécifiques des parents et les meilleurs seront conduits en essais avancés, multilocaux puis en DHS avant d'être homologuées. Les lignées obtenues entre avec le croisement entre variétés précoces et variétés à cycle long seront poussées en génération avec sélection des meilleurs individus. Les lignées homogènes performantes et stables qui seront obtenues après 5 à 6 générations seront recombinaées pour donner des variétés synthétiques à évaluer en milieu réel avant homologation.



### **Activité 3. Caractérisation génétique des croisements obtenus par les marqueurs moléculaires :**

**Cette activité sera menée par Dr. Mame Codou Guèye**

Quelques graines des lignées F1 ou croisements en première génération seront envoyées au CERAAS Thiès pour analyse par les marqueurs moléculaires. Cette analyse va permettre de voir si les supposés hybrides portent les gènes des deux parents. Si ce n'est pas le cas, on reprendra le croisement à la campagne suivante.

### **Activité 4. Evaluation en station de la performance et des caractéristiques des hybrides réussis :**

**Cette activité sera menée par M. Ousmane SY**

Il s'agira de mettre en essais variétaux les hybrides obtenus en comparaison avec d'autres hybrides et les meilleures variétés disponibles. Les résultats nous permettront de choisir les meilleurs hybrides pour le rendement et les caractéristiques agromorphologiques et déterminer les meilleurs parents par le calcul de leurs aptitudes générale et spécifique à la combinaison.

### **Activité 5. Conduire des tests d'Homogénéité, de Distinctivité et de Stabilité (DHS) : Cette activité sera conduite par M. Ousmane SY**

Il s'agira de conduire des tests DHS pour l'homologation des variétés jugées performantes, homogènes et stables. Les essais variétaux seront conduits dans les stations et PPEM où la variété est supposée être diffusable. Plusieurs caractères selon le descripteur de la FAO/ICRISAT, 1981 seront relevés et ceci servira à la confection de la fiche variétale ou carte d'identité de chaque variété hybride.

### **Activité 6. Produire en quantité suffisante les semences des variétés synthétiques et celles des parents des hybrides homologués :**

**Cette activité sera conduite par M. Ousmane et la participation de Dr Tom HASH**

Il s'agit effectivement de la production de semences souches sur toutes les variétés homologuées et de leurs parents pour la conservation et la fourniture au service semencier de l'ISRA en vue de la production de semences prébase à vendre aux producteurs agréés.

## CHRONOGRAMME

<b>Activités</b>	<b>Année 1</b>	<b>Année 2</b>	<b>Année 3</b>
<b>A1. Test et introduction de nouvelles lignées mâles stériles</b>	X		
<b>A2. Croisements des lignées mâles stériles avec les 10 meilleures SL et croisement des variétés précoces avec les variétés tardives et à épis longs</b>	X		
<b>A3. Caractérisation génétique des croisements obtenus par les marqueurs moléculaires</b>	X	X	
<b>A 4. Evaluation en station de la performance et des caractéristiques des hybrides réussis</b>		X	X
<b>A5. Conduire des tests d'Homogénéité, de Distinctivité et de Stabilité (DHS)</b>			X
<b>A6. Produire en quantité suffisante les semences des variétés synthétiques et celles des parents des hybrides homologués</b>			X

Dans cette partie, on indiquera également les mécanismes pour la collaboration entre tous les partenaires. Les aspects comme la planification, le suivi, les responsabilités, les rôles et le rapportage doivent être expliqués.

## 11. CADRE LOGIQUE (2 pages)

Logique d'intervention	Indicateurs Objectivement Vérifiables	Sources de Vérification	Hypothèses & Risques
<p><b>Objectifs global</b></p> <p>Booster la production nationale en mil par la fabrication et l'introduction dans le système d'exploitation en milieu rural de nouvelles variétés améliorées et des hybrides expérimentaux (F1).</p>	<p>Nombre de variétés hybrides homologuées ;</p> <p>Nombre de variétés améliorées homologuées ;</p> <p>Nombre d'hectares emblavés en variétés hybrides et synthétiques</p>	<p>Quantités de grains produites en milieu paysan</p> <p>Rapports d'activités et de synthèses</p>	<p>Indisponibilité des fonds ;</p> <p>Retard ou manque de financement</p>
<p><b>Objectif Spécifique</b></p> <p><b>OS1</b> : Introduire plusieurs lignées mâles stériles et leurs mainteneurs (A et B) d'ICRISAT Niger pour les tester dans les différentes zones agroclimatiques du Sénégal pour évaluer leur résistance par rapport aux maladies et aux stress bio et abiotiques ;</p> <p><b>OS2</b> : Faire des croisements entre les meilleures de ces lignées mâles stériles, les variétés précoces avec les parents restoreur issus de notre collection nationale ;</p>	<p>Nombre de lignées mâles-stériles introduites</p> <p>Nombre de lignées mâles-stériles testées</p> <p>Nombre de croisements effectués ;</p> <p>Nombre lignées F1 obtenus</p>	<p>Dossiers de l'envoi de la semence</p> <p>Rapports d'activités et de synthèses</p> <p>Parcelles de C/S Bambey</p>	<p>Manque de coopération de la banque de gènes régional de l'ICRISAT Niger ;</p> <p>Rupture dans le financement</p> <p>Problème avec de l'irrigation ;</p> <p>Rupture dans le financement</p>

<p><b>OS3</b> : Evaluer par les marqueurs moléculaires la véracité des croisements créés et retenir les hybrides réussis et refaire les hybrides anormaux.</p>	<p>Nombre de croisements analysés par PCR ;</p> <p>Nombre croisements réussis et nombre de croisements à refaire</p>	<p>Laboratoire de biotech. du CERRAAS</p>	<p>Manque de produits chimiques ;</p> <p>Rupture dans le financement</p>
<p><b>OS3</b> : Evaluer les performances des hybrides obtenus et les aptitudes générales et spécifiques des lignées créées.</p>	<p>Nombre d'hybrides testés ;</p> <p>Nombre de lignées avancées en génération</p>	<p>Parcelles hivernales Bambey, Louga et Nioro</p>	<p>Arrêt trop précoce des pluies</p> <p>Rupture dans le financement</p>
<p><b>OS4</b> : Combiner les lignées par similarité pour créer des variétés synthétiques ;</p>	<p>Nombre de variétés synthétiques créées ;</p>	<p>Parcelles de C/S à la station de Bambey</p>	<p>Problème avec de l'irrigation ;</p> <p>Rupture dans le financement</p>
<p><b>OS5</b> : Conduire les tests DHS/VAT pour homologuer et diffuser les hybrides et les variétés les plus performants par zone agroclimatique.</p>	<p>Nombre de variétés synthétiques créées ;</p> <p>Nombre de variétés hybrides obtenues</p>	<p>Parcelles hivernales Bambey, Louga et Nioro</p>	<p>Arrêt trop précoce des pluies</p> <p>Rupture dans le financement</p>
<p><b>OS6</b> : Produire les semences de prébase sur les variétés synthétiques et sur les parents des variétés hybrides. Il s'agit de la lignée mâle stérile (A), son mainteneur (B) et du restoreur correspondant issu de la collection nationale (SL).</p>	<p>Quantité de semences produites ;</p> <p>Nombre de parents multipliés</p>	<p>Parcelles de C/S et hivernales Bambey, Louga et Nioro</p>	<p>Problème avec de l'irrigation ;</p> <p>Arrêt trop précoce des pluies</p> <p>Rupture dans le financement</p>

Résultats			
R1. Une gamme de variétés mâles stériles avec leurs mainteneurs (A+B) ;	Parcelles de C/S au centre ICRISAT CS Niamey NIGER	Nombre de lignées mâles stériles testées et adaptées aux conditions sahéliennes	Non collaboration de la BG de l'ICRISAT Inde
R2. Plusieurs hybrides à moitié génotype locale (AxR) créés et plusieurs croisements entre variétés précoces et intermédiaires à épis longs réalisés	Parcelles hivernales ; Parcelles de contre saison ;	Nombre d'hybrides créés ; Nombre de croisements inter-variétaux créés.	Problème avec de l'irrigation ; Rupture dans le financement
R3. Les 10 meilleurs populations locales issues de la collection nationale de mils locaux sont identifiés et choisis pour servir de parents restoreurs dans les croisements avec les lignées mâles stériles ;	Laboratoire du service sélection mil du CNRA de Bambey Rapport d'activité et de synthèse du service sélection mil du CNRA	Nombre de parents utilisés Nombre de croisements effectués	Problème avec de l'irrigation ; Rupture dans le financement
R4. Plusieurs lignées issues de croisements entre populations précoces et tardives ont été avancées en génération jusqu'à l'homogénéisation	Parcelles de culture du CNRA Rapport d'activité et de synthèse CNRA Bambey	Nombre de lignées homogènes obtenues	Problème avec de l'irrigation ; Rupture dans le financement

<b>R5.</b> Au moins une à deux variétés synthétiques par zone agroclimatique est créée;	Parcelles d'expérimentation du CNRA, de Nioro et de Louga ;	Nombre de variétés synthétiques créées	Rupture dans le financement
<b>R6.</b> Au moins un ou deux hybrides homologué par zone agroclimatique	Parcelles d'expérimentation du CNRA, de Nioro et de Louga ;	Nombre d'hybrides recommandés par zone agroclimatique ;	Rupture dans le financement
<b>R7.</b> Des semences de prébase sur les variétés et les talons des parents d'hybrides multipliés et conservés	Chambre froide du CNRA de Bambey ; Rapport d'activité et de synthèse CNRA Bambey	Quantité de semences produites par cultivar	Problème avec de l'irrigation ;  Rupture dans le financement

## 12. COMPOSITION ET EXPERTISE DE L'ÉQUIPE (2 pages)

---

Donner la liste et les CV des scientifiques impliqués dans le projet ; joindre une demi-page résumée de l'expérience des membres de l'équipe de recherche et la liste de leurs publications ayant un rapport direct avec la proposition de recherche.

Prénom & nom	Institution	Discipline	Diplôme le plus élevé
<b>Dr. C. Tom HASH</b>	ICRISAT/NIGER	Sélectionneur mil	PHD
<b>Dr. Mame Codou Guèye</b>	ISRA/CERAAS	Généticien moléculaire	PHD
<b>M. Ousmane SY</b>	ISRA/CNRA de Bambey	Généticien biologiste	MCS

### 13. BUDGET TOTAL (1 page) :

Désignation	CNRA	CERAAS	TOTAL
1. Achat et variations de stocks			
2. Achat de matières premières :			
· -Petit matériel de laboratoire	1800000	300000	2100000
· -Produits chimiques	0	6000000	6000000
· -Fournitures de bureau	1800000	300000	2100000
· -Carburant lubrifiant	6000000	2000000	8000000
· -Autres achats de fournitures et matériels	1500000		1500000
2. Frais de voyage			
-Frais de voyage	2000000		2000000
3. Autres services extérieurs A :			
· -Documentation et information scientifique	800000	800000	1600000
· -Frais d'études et de recherches	1000000	2000000	3000000
· -Frais de séminaires	3000000		3000000
· -Publicité, publication et relations publiques	800000	800000	1600000
· -Frais de communication	600000	600000	1200000
· -Frais bancaires	300000	300000	600000
4. Autre services extérieurs B :			
· -Frais d'analyses	600000	200000	800000
· -Frais de mission	6000000	1000000	7000000
· -Honoraires et prestation de service	300000	300000	600000
· -Frais de formation, stage	200000	200000	400000
· -Autres (imprévus)	600000	200000	800000
4. Frais de personnel			
-Charges salariales du personnel	15000000	3000000	18000000
Sous total	42300000	18000000	60300000
Coût indirect (10%)	4230000	1800000	6030000
<b>GRAND TOTAL</b>	<b>46530000</b>	<b>19800000</b>	<b>66330000</b>

### 14. NOTE EXPLICATIVE DU BUDGET (2 pages) :

#### **I. NOTES EXPLICATIVES DU BUDGET**

**MATERIEL ET OUTILLAGE LABO** : Achat d'instrument de mesure et de pesée (non prévu) ;

**MATERIEL AGRICOLE** : Achat de tracteur et autre matériel lourd (non prévu) ;

**MATERIEL DE BUREAU** : Achat d'armoire, de bureaux et autres immobilisation (non prévu) ;

**MATERIEL INFORMATIQUE** : Achat d'ordinateurs, fixes ou mobiles et autres investissements (non prévu) ;



**MOBILIER DE BUREAU** : Achat de chaises, tables, fauteuils et autres mobilier de bureau (non prévu) ;

**INTRANTS UMOA**: Achats d'engrais, de pesticides et de produits phytosanitaires pour l'entretien des parcelles aussi bien en station qu'en milieu paysan.

**CARBURANT** : Achat de gasoil, d'essence et d'huile pour les véhicules et les pompes Solo pendant les traitements phytosanitaires

**PIECES DE RECHANGE ET MATERIEL DE TRANSPORT** : Contribution aux frais de réparation et d'entretien des véhicules du service ;

**FOURNITURES DE BUREAU** : Achat d'encre, de papier, de cahiers d'observation, de carnets de note et d'écritoires ;

**PETITS MATERIELS ET OUTILLAGE** : Achat d'une balance électronique de précision DC/AC avec portée 12kg

**PETITS MATERIELS DE LABORATOIRE** : Achat d bassines, seaux, ficelle, corde et chaines arpenteur, etc.

**SACHERIE ET EMBALLAGES PERDUS**: Achat de sacs tissés GM et PM pour l'échantillonnage, la récolte et le battage des épis

**FRAIS DE TRANSPORT** : Prise en charge des déplacements des agents avec des véhicules n'appartenant pas au service ;

**ENTRETIEN LOGEMENTS** : Réparation et entretien des logements du service occupés par les membres des équipes de recherches ;

**ENTRETIEN MATERIEL DE BUREAU** : Réparation et entretien des matériels et équipements des bureaux du service occupés par les membres des équipes de recherches ;

**ENTRETIEN MATERIEL DE LABO** : Réparation et entretien des matériels et équipements des laboratoires du service occupés par les membres des équipes de recherches ;

**ENTRETIEN ET REPARATION MATERIEL AGRICOLE** : Réparation et entretien des matériels et équipements agricoles du service ;

**ENTRETIEN MATERIEL INFORMATIQUE** : Réparation et entretien des matériels et informatiques du service utilisés par les membres des équipes de recherches ;

**ENTRETIEN MATERIEL DE TRANSPORT** : Réparation et entretien des matériels et équipements de transport du service utilisés par les membres des équipes de recherches ;

**AUTRES ENTRETIENS ET REPARATION** : Réparation et entretien des autres matériels utilisés par les équipes de recherches ;

**DOCUMENTATION TECHNIQUE** : Revues et catalogues scientifiques payants utilisés par les équipes de recherches pour leur documentation ;

**PUBLICITES, PUBLICATIONS, RELATIONS PUBLIQUES** : Tous travaux de publications, de diffusion par la presse écrite ou audiovisuelle ou par brochures, etc. ;

**FRAIS DE COLLOQUES ET CONFERENCES** : Prise en charge des déplacements des agents pour participer à des colloques, des séminaires ou des activités de recherches internationales (voyage du Sénégal au Niger et vice versa) ;

**FRAIS DE TELEPHONE** : Achat de cartes de crédit pour communiquer avec les partenaires de travail (paysans, agents d'encadrement etc.)

**INDEMNITE DE STAGES, ALLOCATAIRES DE RECHERCHES** : Indemnité forfaitaire à verser aux stagiaires et allocataires de recherches dans le programme de l'ISRA et de l'ICRISAT ;

**SALAIRE PERSONNEL CONTRACTUEL, NATIONAL** : Salaire des agents techniques nationaux recrutés par contrat à durée déterminée ;

**SALAIRE PERSONNEL JOURNALIER** : Salaire du personnel temporaire utilisé dans l'exécution des tâches agricoles ;

**INDEMNITES DE DEPLACEMENTS** : Prise en charge des déplacements des agents vers les sites en dehors de Bambey.

**COUT INDIRECT** : 20% du budget est la partie réservée aux services administratifs et comptables pour le suivi budgétaires et l'exécution des tâches.

---

(Expliquer et justifier les différentes rubriques du budget, particulièrement celles les plus élevées).

## 15. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES (2 PAGES) :

---

**Thomas Hummer, 1998** : Sécurité alimentaire et gestion des ressources dans les pays du Sahel, p. 269-296.

ISRA, 2005 : Rapport annuel 2005 p. 301-312, activités socio-économiques.

**L. Gaufichon et al., 2010**, [www.fondation-farm.org/zoe/doc/etude\\_secheressecomplete.pdf](http://www.fondation-farm.org/zoe/doc/etude_secheressecomplete.pdf), consultée le 5 Mars 2013

([www.gnis-pedagogie.org/biotechnologie-amelioration-reproduction-mal](http://www.gnis-pedagogie.org/biotechnologie-amelioration-reproduction-mal), **consulté le 2 Avril 2013**)

Stephen A. Bent et Hollane, 1954: "History and Portents for Intellectual Property Rights in

Harinarayana, T., Naganjaneyulu, K., Manoj, C., & Patro, B. P. K. (1999). Kareemunnisa. Begum, DNM Murthy, Madhusudana. Rao, VTC Kumaraswamy, G. Virupakshi: *Magnetotelluric investigations along Kuppam–Palani geotranssect, South India–2-D modeling results, Memoirs Geological Society of India, 50, 107-124.*

[www.fao.org/docrep/w1808f/w1808f03.htm](http://www.fao.org/docrep/w1808f/w1808f03.htm), consultée le 5 Mars 2013

**André Gallais, Hubert Bannerot - 1992** - Crop improvement journal, amélioration des espèces végétales cultivées p.439

**Agricultural Research Corporation (ARC, 2006) Sudan:** (Accessed 3/30/06) (<http://www.arcsudan.org/millet.htm>) Millet Research Program.

**Andrews D. J., Bramel-Cox P., 1994** : Breeding cultivars for sustainable crop production in low-input dry land agriculture in tropics. In: Buxton D.A (ed.), International Crop science, Volume 1 CSSA, Madison, W. L., pp.211-222.

**Andrews D.J., and Bramel-Cox P., 1994** A sorghum and millet for forage and feed. Pp 325-393. American Association of Cereals Chemists, St-Paul Minnesota, USA.

**Andrews D.J., and Bramel-Cox P., 1986** : Exotic germplasm for improving grain yield and growth rate in pearl millet. Crop. Sci. 26. 687-690.

**FAO, 1995:** Production Yearbook. Vol.49. FAO, Rome, Italy.

**FAOSTAT, 2004** : <http://appsfoorg/default.htm>

**ISRA- ITA-CIRAD, 2007** : Bilan de la recherche agricole et agroalimentaire au Sénégal Doc. 522p.

**FAOSTAT, 2005:** The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. FAO, Rome, Italy. 510 pp. FAO, 2005. **FAOSTAT** Agriculture Data

**FOFANA A., 1994** : Sélection mil, rapport analytique 1994. Essai avancé en stations et Papem. Bambeys ISRA- CNRA 1994, 18p. + Tableaux.

**McGAW S. and SMITH K., 1998** : **Parenting Skill Cards: Children Need Healthy Food.** British Institute for Learning Disabilities. Set 2. Website: [www.bild.org.uk](http://www.bild.org.uk) Burton et al. 1972: Journal of ultrastructure research. Volume 40

**Oelke E.A., Oplinger E.S., Putnam D.H., Durgan B.R., Doll J.D., and Undersander D.J. 1990** : Millets, In Alternative Field Crops Manual.

**Oelke et al, 1990** : Influence of chemical seed treatment on germination of dormant wild rice (*Zizania palustris*) seed. Crop. Sci. 20: 595-598.

**Oelke et al, 1990** : Wild rice production research p.1-15. In Minnesota wild rice research. Misc. Publ.644, 1990. Minnesota Agr. Exp. Stat. ST. Paul.

**Wikipedia contributors, 'Millet', Wikipedia, 2006** : The Free Encyclopedia, 3<sup>rd</sup> April 2006, 15: 43 UTC, [accessed 3 April 2006].

<http://www.faostat.fao.org>, consulté le 16/03/2013

<http://www.ipgri.cgiar.org/publications/HTMLPublications/47/ch07.htm>, consulté le 20/03/2013