SCOR^3®, un outil destiné à (re)concevoir des systèmes de polyculture-élevage mieux intégrés

FLAMENT M. (1), RAMETTE C. (1), PERNEL J. (1), DELABY L. (2)

(1) Agro-Transfert Ressources et Territoires, 80200, Estrées-Mons.

(2) INRAE, l'Institut Agro, Physiologie, Environnement et Génétique pour l'Animal et les Systèmes d'Elevage, 35590 Saint Gilles.

RESUME - En région Hauts-de-France, a contrario de la dynamique de spécialisation des exploitations, certains agriculteurs visent une stratégie de polyculture-élevage plus intégrée entre ateliers d'élevage et végétaux. Le projet Complémentarités cultures-élevage a mis au point l'outil SCOR^3® (Simulateur de Cohérence Ration-Rotation pour les Ruminants) pour appuyer la reconception de ces systèmes de production. L'outil accompagne l'utilisateur dans l'équilibrage du système en chiffrant les caractéristiques structurelles de l'atelier d'élevage à partir de la détermination de l'atelier cultures ou inversement. In fine, les sorties sont les productions animales et végétales du système de production. Les spécificités de l'outil sont : la détermination par l'utilisateur des périodes d'alimentation en conformité avec la temporalité des élevages et l'automatisation des calculs pour limiter le tâtonnement. Son utilisation s'étend du changement technique jusqu'à l'évolution du système de production.

SCOR^3®, a tool to (re)design a more integrated crop and livestock systems

FLAMENT M. (1), RAMETTE C. (1), PERNEL J. (1), DELABY L. (2)

(1) Agro-Transfert Ressources et Territoires, 80200, Estrées-Mons.

SUMMARY - In the Hauts-de-France region, in contrast to specialisation dynamics of farms, some farmers aim at a more integrated strategy of mixed crop and livestock systems. The project « Complémentarités cultures-élevage » has developed SCOR3® (Ration-Crop rotation Simulator for Ruminants), a tool to support the redesign of these production systems. The tool assists users in balancing the system. It quantifies structural characteristics of livestock units from crops' and vice versa. Eventually, the outputs are animal and crop productions. The specificities of SCOR3® are: definition by users of feeding periods in accordance with temporality of livestocks and automation of calculations to limit round trips. Its use extends from technical change to the evolution of production system.

INTRODUCTION

La région des Hauts-de-France, région à fort potentiel agricole, a vu ses territoires historiquement orientés en polyculture-élevage se spécialiser, en grandes cultures et cultures industrielles. De 2010 à 2020, le nombre d'exploitations d'élevage a diminué de 30 %, contrairement aux exploitations en grandes cultures en hausse de 2 % (Agreste, 2021). L'élevage surtout laitier se concentre aujourd'hui principalement dans les boutonnières argileuses de la région (Boulonnais, Thiérache et Pays-de-Bray).

Le maintien de l'élevage et la diversité d'exploitations associées constitue un enjeu fort de territoire : (i) enjeu économique et social (en 2012, 4938 emplois étaient associés à la collecte et transformation du lait – Institut de l'élevage, 2016), (ii) enjeu environnemental (en 2015, 14 % des surfaces agricoles de la région étaient utilisées en prairie – Institut de l'élevage, 2016). Cette forte préoccupation pour l'avenir de l'élevage en région a fait naître le projet de recherche et développement territorial « Complémentarités cultures-élevage » (CCE - 2016 – 2020). La finalité du projet était de faire émerger des solutions de complémentarités individuelles ou collectives entre activités d'élevage et de cultures à destination des agriculteurs pour renforcer la performance et la résilience des élevages.

Du fait de ses surfaces en grandes cultures et cultures industrielles, la région des Hauts-de-France offre des opportunités de complémentarités originales entre cultures et élevage (consommation de pulpes de betterave ou de drèches de brasserie par les troupeaux, fertilisation des cultures par les effluents d'élevage…). Cependant, les liens entre cultures et élevage restent distendus, même au sein des systèmes de polyculture-élevage qui peuvent être qualifiés de poly-spécialisés (Perrot et al. 2011). Certains agriculteurs ne se satisfont pas de ce découplage (variabilité des charges, peu d'autonomie décisionnelle…) et souhaitent entamer une transition vers des systèmes de culture-élevage plus intégrés notamment à l'échelle de l'exploitation. En collaboration avec ces agriculteurs-pilotes, le projet Complémentarités cultures-élevage a mis au point une démarche d'accompagnement au changement en polyculture-élevage (Ramette et al, 2021).

1. DE L'EXPERIMENTATION D'UNE DEMARCHE D'ACCOMPAGNEMENT A LA CONSTRUCTION D'UN OUTIL D'AIDE A LA CONCEPTION

La démarche d'accompagnement conçue dans le cadre du projet CCE répond à deux objectifs opérationnels : (i) lever les freins au changement, (ii) aboutir à la mise en place de modes de production qui améliorent les performances des systèmes et répondent aux attentes des agriculteurs. Cette démarche inclut une méthode de conception participative, les ateliers de co-conception, qui s'apparente à la démarche de co-innovation décrit par Lacombe et al. (2018).

Lors de ces ateliers, un agriculteur se place en « agriculteur commanditaire ». Il présente sa situation et ses objectifs aux agriculteurs dits « consultants ». Les consultants vont ensuite concevoir et proposer au commanditaire un ou plusieurs nouveaux systèmes techniques. Les premiers ateliers ont permis i) de comprendre le cheminement choisi par les agriculteurs pour définir et atteindre les objectifs de la conception, ii) de tester des outils d'animation existants (PraiCoS, Mission EcoPhyto®, Rami Fourrager®).

Le cheminement agro-zootechnique des agriculteurs se distingue selon deux entrées : (i) la constitution du cheptel puis des rations (plus souvent empruntée par les agriculteurs à la « fibre élevage »), (ii) la constitution du cheptel puis de l'assolement (« fibre polyculture »). Face à la complexité du

système de polyculture-élevage (comprenant le cheptel, les rations, l'assolement, les rotations et les prairies permanentes), les agriculteurs consultants ont des difficultés à quantifier les conséquences fonctionnelles de leurs propositions et à vérifier l'atteinte des objectifs du commanditaire. La mobilisation d'outils existants a pour partie remédié à cette difficulté. Néanmoins, du fait des spécificités des enjeux associés à la méthode Coll'Innov, ces outils n'ont pas donné entière satisfaction aux agriculteurs concepteurs et animateurs. Les besoins exprimés comprenaient 1/ l'identification des agriculteurs aux systèmes simulés (périodes alimentaires de taille variable, ajustement des références de rendements, systèmes alimentaires et de culture diversifiés), 2/ la rapidité et la fluidité des simulations (forte réactivité entre le travail de conception des agriculteurs, la saisie dans l'outil et la fourniture des résultats par l'accompagnateur), 3/ la facilitation de l'appropriation des interactions entre les sous-systèmes (prendre en compte les impacts de changements d'un atelier sur l'autre, vérifier la cohérence d'ensemble).

Un 1er prototype d'outil d'aide à la conception a alors été conçu. Il a été étoffé au fil de 7 ateliers. Ce calculateur est associé à une série chronologique de questions afin de guider les agriculteurs dans leur raisonnement, tout en leur laissant le choix de la porte d'entrée. À la suite de cette expérience liminaire, Agro-Transfert RT et INRAE ont formalisé et développé l'outil SCOR^3® (Simulateur de Cohérence Ration-Rotation pour Ruminants) aujourd'hui disponible. Un module supplémentaire, à savoir la simulation de la création *ex nihilo* d'un atelier d'élevage dans une exploitation de polyculture a été ajouté.

2. SCOR^3® : UN SIMULATEUR DESTINE A CONCEVOIR DES SYSTEMES DE POLYCULTURE-ELEVAGE MIEUX INTEGRES

SCOR^3® permet d'aider en temps réel, à la conception et l'évaluation technique de nouveaux systèmes de production composés de systèmes d'élevage de ruminants et de cultures, en interaction dans une exploitation agricole. Ces interactions sous-entendent que : (i) toute modification des rations d'un troupeau impacte *in fine* les besoins en fourrages et les productions végétales vendues, (ii) à l'inverse un changement dans les surfaces en cultures impacte la production laitière ou de viande via la disponibilité en fourrages. Au-delà de ces interdépendances structurelles fortes, la production fourragère, notamment la production d'herbe, est variable et saisonnée tout comme les besoins de certaines catégories d'animaux. Ainsi SCOR^3® vérifie que le système conçu répond aux objectifs techniques souhaités et garde une cohérence globale (équilibre par saison des rations, satisfaction des besoins alimentaires du troupeau par tout ou partie des surfaces de la ferme, rotations et assolement cohérents). L'outil offre 3 clés d'entrée distinctes, correspondant aux 2 approches rencontrées lors des ateliers de conception et à l'introduction d'un atelier d'élevage. Les diverses voies d'accès cheminent via les rations, le bilan fourrager ou les rotations, grâce à 3 feuilles de calcul dédiées. Ces 3 cheminements sont détaillés en *Figure 1*.

2.1. DIMENSIONNEMENT ET CHOIX METHODOLOGIQUES

L'outil est conçu pour au plus : (i) deux sous-systèmes d'élevage (exemple : un système bovin lait et un système bovin viande naisseur-engraisseur), (ii) 4 périodes d'alimentation et de pâturage modulables en durée, (iii) 5 sous-systèmes de cultures (8 cultures et 8 dérobées par sous-système). Les rations peuvent comprendre jusqu'à 10 aliments (herbe pâturée, fourrages et concentrés).

Les références contenues dans l'outil portent sur les besoins alimentaires des animaux, les valeurs alimentaires des fourrages et concentrés, les réponses de productions animales, laitière et de viande, et la production herbagère. Elles proviennent de trois sources : (i) une sélection et des calculs à partir de l'ouvrage « Alimentation des bovins, ovins et caprins. Besoins des animaux – Valeurs des aliments. Tables Inra 2007 mise à jour 2010. Editions Quae », (ii) les réseaux régionaux de suivis de la croissance de l'herbe, (iii) une expertise interne INRAE et Agro-Transfert RT. Les besoins alimentaires des animaux ainsi que les productions ont été renseignés pour les bovins. L'outil propose 9 types de prairies, fonction du potentiel de rendement et de l'humidité du sol (exemples : prairie humide à bon potentiel de rendement, prairie séchante à faible potentiel de rendement). Les valeurs de production fourragère et la diversité des aliments ont été renseignées pour correspondre aux conditions des Hauts-de-France et peuvent être modifiés par l'utilisateur pour assurer plus de conformité territoriale ou pour modifier les contraintes évaluées.

La particularité majeure de SCOR^3® est la détermination des périodes d'alimentation et de pâturage, laissée à la discrétion des utilisateurs. Ainsi, un utilisateur peut choisir la durée et le nombre de périodes d'alimentation selon les modalités présentées au Tableau 1. De cette périodicité découle la possibilité ou pas de grouper les mises-bas. Les besoins des animaux et les productions d'herbe par période sont ensuite recalculés au regard de ces éléments périodiques.

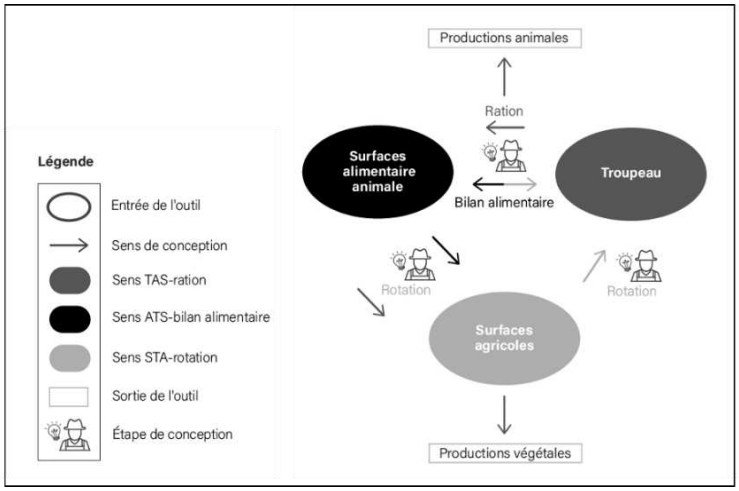

Figure 1 : Schéma de fonctionnement de l'outil SCOR^3® présentant les trois sens de conception (T : troupeau, A : surfaces pour l'Alimentation animale, S : surfaces cultivées)

	Nombre de périodes	Durée des périodes	Exemple
A minima (lot principal)	2 périodes	60 jours	Hiver : 212 / Eté : 153
A maxima (lot principal)	4 périodes	305 jours	Hiver : 151 / Printemps : 61 / Eté : 92 / Automne : 61
Lots secondaires	≤ nombre de périodes lot principal	= lot principal OU ∑ lot principal	Hiver : 151 / Printemps : 61 / Eté : 153

Tableau 1 : Modalités des périodes d'alimentation et pâturage de l'outil SCOR^3®

2.2. LES SORTIES PRODUITES PAR L'OUTIL

Les sorties finales de l'outil SCOR^3® (Figure 2) sont génériques et ne dépendent pas de la clé d'entrée retenue lors de la conception. Il s'agit de données techniques concernant les productions animales et végétales et l'évaluation de la cohérence du nouvel équilibre proposé.

Les productions animales sont : (i) la production laitière annuelle, (ii) le lait vendu /an, (iii) la production de viande vive annuelle. La production laitière annuelle dépend des rations (besoins de production distincts en-deçà et au-delà de la production théorique). Le lait vendu / an tient compte des pertes de lait et de la consommation par les veaux. La production de viande vive annuelle tient compte de l'engraissement des animaux à l'exception des vaches de réforme où il est pris leur poids théorique.

Les productions végétales sont celles vendues, déduction faite des intra-consommations.

2.3. DONNEES D'ENTREES ET CALCULS INTERMEDIAIRES

Les données d'entrées, ainsi que le cheminement calculatoire de l'outil dépendent de la clé d'entrée choisie (Figure 2). Une entrée par les rations nécessite de définir le cheptel et l'alimentation des différents lots d'animaux par période. L'outil somme ensuite les quantités d'aliments et fournit les surfaces prairiales et en cultures nécessaires à une alimentation autonome du troupeau. L'utilisateur agence alors ces surfaces en rotations cohérentes. Une entrée par le bilan alimentaire implique une détermination du cheptel et des surfaces dédiées à l'alimentation du troupeau. L'outil calcule l'adéquation annuelle entre les besoins alimentaires du troupeau et la fourniture d'aliments par les surfaces. Déduction est faite de la sécurité alimentaire permise par le système et des pertes au stockage. L'utilisateur renseigne ensuite les rotations, ainsi que les rations pour une vérification de l'équilibre du système à l'échelle de la période d'alimentation. Une entrée par les rotations entraine à partir de celles-ci le calcul des surfaces fourragères et des UGB potentiellement nourris grâce à ces surfaces. L'utilisateur renseigne alors les caractéristiques du cheptel et l'outil fournit les effectifs de chaque lot d'animaux. Pour finir l'utilisateur renseigne les rations pour une vérification de l'équilibre du système à l'échelle de la période d'alimentation.

3. EXEMPLE DE MOBILISATION DE SCOR^3® DANS LE CADRE D'UN ATELIER DE CO-CONCEPTION

En amont d'un atelier, l'agriculteur commanditaire définit une cible de conception qui consiste en un objectif de production associé à une contrainte. Par exemple : Simplifier la conduite du troupeau en achetant au maximum 50 tonnes de concentrés azotés par an (soit une diminution de 45 % des achats actuels).

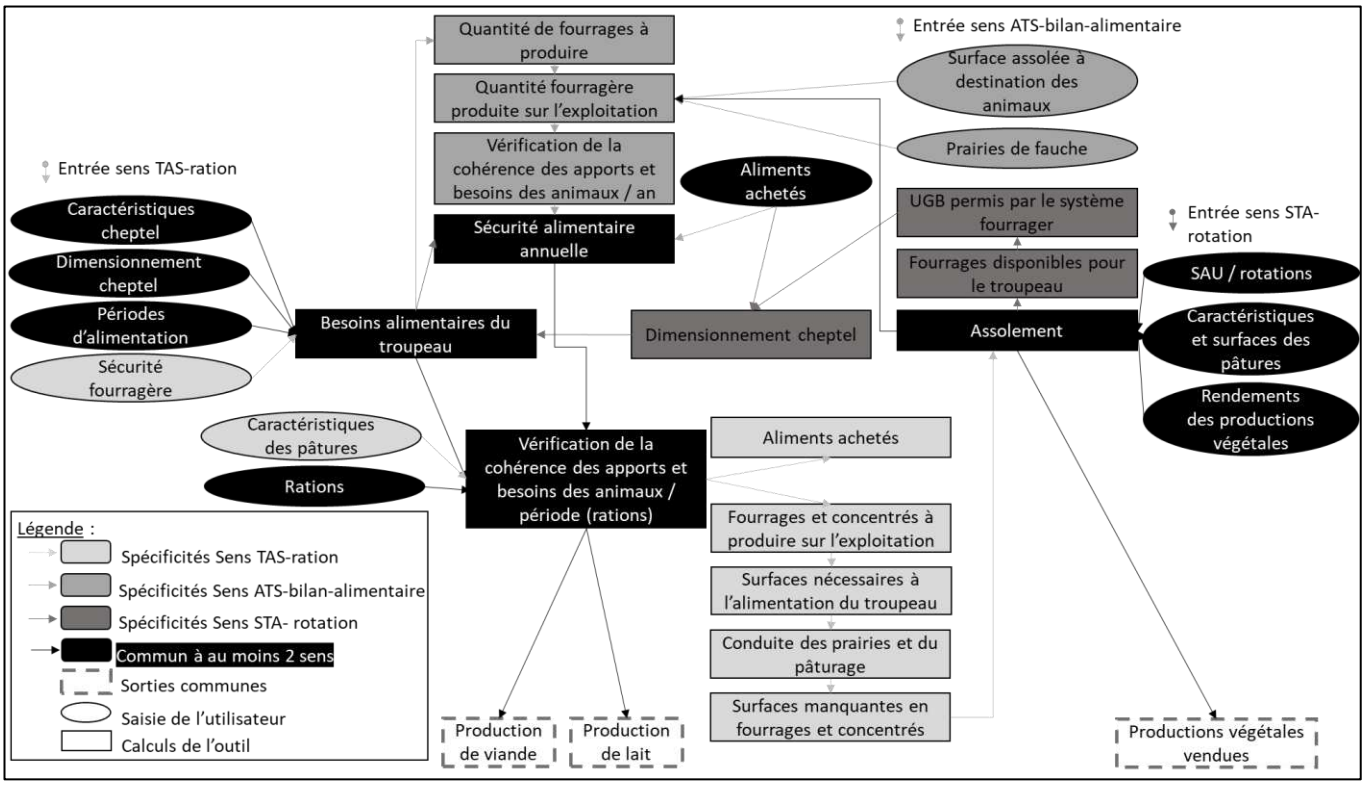

Figure 2 : Schéma fonctionnel détaillé de l'outil

Données d'entrée	Calculs intermédiaires	Données de sorties
Dimensionnement du troupeau : - 70 vaches laitières - Productivité laitière 7500 l/an - 2 périodes de vêlages (printemps et automne)	Besoins alimentaires du troupeau par lot et par période *En italique : exemple fil-rouge pour une vache laitière en vêlage de printemps :* *Période* / *UE* / *UF* / *PDI* *printemps* / *16,6* / *20,8* / *1915*	Taille du troupeau : 139 UGB
Caractérisation des périodes d'alimentation Hiver : 152 / Printemps : 61 / Eté : 92 / Automne : 60 jours		
Type de pâture par lot et par période *Prairies à bon potentiel* Surfaces au pâturage par lot et par période *21 ares / UGB printemps / été / automne*	Ingestion journalière d'herbe au pâturage *14,8 kg MS/jour* Encombrement de la ration et équilibre PDIE / UFL *UE* / *UF* / *PDI* *Besoins* / *16,6* / *20,8* / *1915* *Apports* / *16* / *16* / *1621* *PDIE / UFL = 96,6* *Production de lait permise par l'alimentation de printemps= 24 kg/jour*	Production laitière : 570 000 litres/an Lait vendu : 530 500 litres/an Quantité d'aliments achetés /an : 26 tonnes tourteau de soja
Aliments et quantités dans les rations par lot et par période *Au printemps :* - *Herbe pâturée (quantité définie par l'outil)* - *Maïs grain humide : 2 kg / jour*		
Rendements des productions végétales de l'exploitation Ensilage de maïs = 14 tMS/ha …	Surfaces nécessaires à l'alimentation du troupeau : 68 ha, dont 20 ha de méteil, 7,8 ha de maïs ensilage… Conduite des prairies et du pâturage 27 ha pâturés (+ fauchés), 7 ha fauchés	
SAU : 98 ha Rotations des cultures et surfaces des rotations	Surfaces manquantes en fourrages et concentrés (à acheter) : 0 ha	Productions vendues : 6 ha de maïs, 20 ha de blé et 20 ha d'orge Assolement

Tableau 2 : Principales données d'entrée et de sortie de l'outil SCOR^3® concernant l'atelier de co-conception n°11 du projet Complémentarités cultures-élevage *(en italique : exemple fil-rouge pour une vache laitière en vêlage de printemps)*

Les consultants proposent des pistes d'amélioration qui correspondent à trois leviers : (i) augmenter la valeur azotée des fourrages herbagers (luzerne dans le mélange prairial des prairies temporaires), (ii) optimiser la valorisation des prairies (redistribution des paddocks entre les vaches laitières et les génisses, optimisation de la temporalité journalière du pâturage et de la complémentation à l'auge, chemin d'accès aux paddocks), (ii) augmenter la production de fourrages riches en protéines (dérobées). Ces divers changements vont modifier le système et son équilibre actuel. Il s'agit d'en évaluer la nouvelle cohérence et la faisabilité technique. L'un des groupes a testé la clé d'entrée Ration de l'outil SCOR^3®. Le Tableau 2 présente les informations produites par l'outil au regard des données d'entrée renseignées par les concepteurs.

Les achats de concentrés du nouveau système sont conformes à la cible (inférieur à 50 tonnes/an). Vingt-trois ha supplémentaires sont dédiés à l'alimentation du troupeau. La conduite en deux lots ne répond cependant pas à l'objectif de simplification de l'agriculteur.

CONCLUSION

L'outil SCOR^3® permet de quantifier les conséquences techniques associées à la (re)conception de systèmes de polyculture-élevage complexes (nombreux lots, rations diversifiées, surfaces pâturées dépendantes de la saison, culture à double fin…) avec une périodicité variable conforme à la temporalité des élevages. Le compromis entre rigueur technique et ergonomie permet d'équilibrer un système en 30 à 90 minutes de travail au sein d'un collectif de 3 à 5 agriculteurs ou en binôme agriculteur/conseiller. L'outil n'est pas un modèle d'optimisation. Ceci implique des ajustements et des allers-retours sur les choix techniques en cas de non-atteinte des objectifs, ainsi qu'un regard critique sur le système obtenu. C'est un outil performant pour faciliter l'appropriation d'un raisonnement systémique et stimuler l'exploration des possibles au sein d'un groupe de pairs. Le retour d'expérience du projet CCE indique qu'il est particulièrement apprécié des agriculteurs peu familiers de la conception systémique. Les agriculteurs plus expérimentés acquièrent des automatismes qui les rendent moins demandeurs des informations intermédiaires calculées par l'outil. Les sorties de l'outil peuvent ensuite alimenter des calculateurs de performances économiques (trop chronophage à calculer lors d'un même atelier). L'expérience du projet Complémentarités cultures-élevage a montré que les agriculteurs sont demandeurs de ces éléments techniques complémentaires. Ils correspondent à la validation du nouveau système conçu. Les cadres de mobilisation possibles de l'outil SCOR^3® sont variés (de l'enseignement à la co-conception collective par des agriculteurs).

Agreste Hauts-de-France, 2021. *Hauts-de-France : Premières tendances du recensement agricole 2020.* Etudes, n°5, 4p.

Institut de l'élevage. 2016. Observatoire de l'élevage en région Hauts-de-France. Edition 2016. 20 p.

Lacombe C., Couix N., Hazard L., 2018. Designing agroecological farming systems with farmers : A review. Agricultural Systems 165, 208-220.

Perrot C. Caillaud D., Chambaut H., 2011. Economie d'échelle et économies de gamme en élevage bovin laitier. Rapport d'étude, Idèle, 126 p.

Prost L., Reau R., Paravano L., Cerf M., Jeuffroy M-H., 2018. Designing agricultural systems from invention to implementation : the contribution of agronomy. Lessons form a case study. Agricultural systems 164, 122 – 132.

Ramette C., Flament M., Pernel J., Delaby L. 2021. Coll'Innov, une démarche d'accompagnement collective d'agriculteurs vers des changements de système de production. Fourrages 248, 11 – 20