

**Zeitschrift:** Technique agricole Suisse

**Herausgeber:** Technique agricole Suisse

**Band:** 76 (2014)

**Heft:** 1

**Rubrik:** Marché

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 05.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Une usine d'assemblage de tracteurs Kubota en France

Le constructeur japonais de machines agricoles Kubota a dernièrement annoncé qu'il allait bâtrir une usine d'assemblage de tracteurs en France, à Bierne, près de Dunkerque (Nord). « Cette implantation représente un investissement de 40 millions d'euros et doit permettre de créer 140 emplois directs d'ici à 2017 », indique Hervé Gérard-Biard, directeur de la division tracteurs de Kubota Europe.

Cette usine, où seront assemblés 3000 tracteurs par an, doit permettre à Kubota de se développer sur le marché des machines de 130 à 170 chevaux, un segment sur lequel le fabricant japonais n'est pas présent aujourd'hui. « Une bonne partie de notre production, qui doit démarrer en mai 2015, sera exportée vers d'autres pays européens et l'Amérique du Nord », précise M. Gérard-Biard.

Selon nos informations, la France était en concurrence avec l'Allemagne et les Pays-Bas pour attirer cette nouvelle usine. « Notre positionnement géographique, au cœur de l'Europe et proche d'un grand port, ainsi que le dynamisme du marché français des machines agricoles ont fait la différence », se réjouit M. Gérard-Biard.



**Kubota a lancé le M135GX qui satisfait aux normes antipollution en adoptant une vanne EGR et un filtre à particules.** (Photo: Dominik Senn)

Kubota emploie aujourd'hui 180 personnes en France, principalement à Argenteuil (Val-d'Oise), où le groupe possède déjà une usine d'assemblage de moteurs. La marque détient aujourd'hui environ 7 % du marché tricolore

des tracteurs et compte concurrencer de façon plus agressive les leaders américains Massey-Ferguson et John Deere.

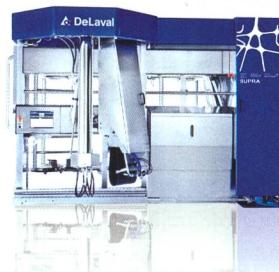
(Le Parisien)

## DeLaval : trois systèmes VMS différents à choix

Avec le 10000<sup>e</sup> robot de traite VMS, DeLaval lance deux nouveaux modèles de robots de traite VMS supplémentaires : VMSTM Supra et VMSTM Supra+. Le modèle VMSTM Supra est équipé d'un compteur de cellules OCC d'une précision de laboratoire. Cet appareil indique la mesure exacte des cellules de chaque vache séparément. Il permet ainsi un contrôle optimal de tout le troupeau. Le modèle VMSTM Supra+ est équipé du navigateur de troupeau Herd Navigator™ système d'analyses, ce dernier mesure la progestérone pour définir la gestation, la LDH pour détecter les mammites, le BHB pour reconnaître la cétose et le taux d'urée pour la surveillance de l'affouragement.

Chez DeLaval, l'agriculteur profite de solutions taillées sur mesure ainsi que d'un réseau de service bien établi sur tout le territoire et proche des clients. Depuis plus de 30 ans, DeLaval International se situe en première ligne en ce qui concerne le développement des systèmes de traite automatiques (robots de traite). Le progrès en matière de technique de traite

avance à pas de géant. DeLaval SA distribue des robots de traite VMS depuis plus de 13 ans en Suisse. Au début, il ne s'agissait que de cinq à dix installations par année, ce chiffre s'est nettement multiplié au cours des dernières années. Pour toutes autres informations, veuillez contacter : [www.delaval.ch](http://www.delaval.ch)



**DeLaval lance deux nouveaux modèles de robots de traite VMS supplémentaires, voici VMSTM Supra.** (Photo: d'usine)

## Mitas s'engage avec CLAAS

Lors du salon Agritechnica, Mitas a signé un contrat à long terme avec CLAAS. Mitas fournira des pneus agricoles de marque Continental et Mitas à CLAAS pour ses tracteurs et ses moissonneuses. Aujourd'hui, CLAAS utilise dans ses usines de France, Russie, d'Allemagne et des Etats-Unis les pneus de marque Continental (fabriqués par Mitas sous licence) et Mitas pour équiper ses tracteurs, moissonneuses et presses. Ces dernières années, Mitas est devenu l'un des principaux fournisseurs de pneumatiques de CLAAS. L'objectif principal de cet accord porte sur l'optimisation de la fabrication et de la logistique des procédures de livraison de



**Les responsables de Mitas avec Jaroslav Cechura, directeur général de Mitas (3<sup>e</sup> depuis la gauche).** (Photo: Jiri Simanek)

Mitas aux différentes compagnies du groupe CLAAS. « Notre souhait est d'atteindre le plus haut degré possible de satisfaction chez CLAAS », conclut Jeins Steinhard, responsable comptes-clés chez Mitas.



Des roues de dimensions équivalentes et une répartition du poids optimale assorties à des pneus adéquats assurent un transfert de puissance efficace. (Photo: Ruedi Hunger)

## Grand choix de tracteurs à voie étroite

**Les cultures en rangs des légumes, des fruits et de la vigne imposent des exigences différentes aux tracteurs. Ceux qui sont dotés d'une voie étroite y répondent grâce à leur conception compacte. Un nombre important de fabricants se disputent le marché avec une grande variété de modèles.**

Ruedi Hunger

Le défi de la construction de tracteurs arboricoles et viticoles compacts consiste à combiner des performances élevées et des dimensions réduites. Les tracteurs avec de petites roues directrices avant et des roues arrière plus grandes sont très répandus. Toutefois, on trouve sur le marché des tracteurs spécialisés, en provenance d'Italie surtout, qui disposent de quatre roues de même taille avec essieu

avant directeur ou châssis articulé. Les constructeurs traditionnels de tracteurs arboricoles et viticoles continuent à les construire avec des chenilles. Antonio Carraro construit un modèle à quatre chaînes de transmission. La largeur totale des tracteurs pour cultures en lignes varie de 1000 à 2000 millimètres. Cela dépend de la série (taille et type d'utilisations), ainsi que des pneumatiques proposés ou

choisis. Bien que la plupart de nos tracteurs à voie étroite soient construits en Italie, il existe des fabricants bien connus en Allemagne. Enfin, l'on observe de plus en plus, notamment à la dernière Agritechnica, que des nouveaux arrivants en provenance de Corée du Sud, d'Inde et de Chine introduisent des tracteurs compacts sur le marché.

## Caractéristiques d'un tracteur arboricole et viticole moderne:

- moteur puissant et performant, avec de faibles émissions polluantes
- transmission bien étagée ou à variation continue permettant des vitesses optimales avec les machines les plus diverses
- unité hydraulique avec une puissance au litre élevée en raison de l'entraînement hydraulique d'un grand nombre d'outils et de machines. En outre, il faut disposer de suffisamment de commandes hydrauliques et de connexions
- dispositif de protection optimal offrant le confort et la protection nécessaires contre les éléments extérieurs (bruit, brouillard, intempéries).



**Le nombre d'outils et d'appareils destinés aux tracteurs arboricoles et viticoles est conséquent. Il n'est pas rare de rencontrer des « conflits d'intérêt » dans le trafic routier.** (Photo d'usine)

Constructeur Désignation Modèle	Type de construction	Nombre Type	Equipement moteur et transmission, puissance hydraulique, particularités, largeur totale (sans garantie d'exhaustivité)
<b>BCS groupe, Abbiategrosso (Italie)</b>			(BCS) Snopex S.A., CH-6828 Balerna (Ferrari)/Silent AG, CH-8112 Otelfingen
<b>BCS</b> (bleu) Vithar AR/RS Volcan AR/RS/MT Volcan SDT	4 RM vignes et vergers (AR articulé) (RS normal)	2	Dans la série du groupe BCS sont inclus les tracteurs de même construction BCS, Ferrari et Pasquali. Moteurs VM diesel de 51/58/67 kW. Boîte synchronisée réversible à 16 rapports; Vithar, Thor et Mars (AR) articulé avec 4 roues identiques, types RS avec essieux directeurs, largeur maximale 1060 mm. Prise de force 540/750 t/min (option 540/1000); hydraulique 31+31 l/min, 3 variantes possibles au 3-points. Siège réversible sur version réversible (sauf articulé) et divers dispositifs de protection du conducteur. Largeur totale modèles Vithar, Thor et Mars 1061-1510 mm. Largeur totale modèles Volcan, Vega, Orion (AR/RS/MT) 1697-1974 mm. Largeur totale modèles Volcan, Vega et Orion (SDT) 1325-2000 mm.
<b>Ferrari</b> (vert) Thor AR/RS Vega AR/RS/MT/DS Vega SDT	compact 4 RM (AT espaces verts)	4	
<b>Pasquali</b> (jaune) Mars AR/RS Orion AR/RS/MT/DS Orion SDT	articulé 4 RM (MT direction avant)	2	
<b>Antonio Carraro, Campodarsego Padova (Italie)</b>			Sepp Knüsel, 6403 Küssnacht/Silent AG, 8112 Otelfingen
<b>Antonio Carraro</b> S/SN/SX/SRX/SRH	4 RM articulé	8	Moteurs à 3 ou 4 cylindres d'une puissance de 35 à 70 kW, majorité de moteurs turbo. Variantes de transmission Hi-Lo synchronisées: 12V/12R, 16V/16R, 32V/32R. (SRH+HR+TRH+HAST 3 ou 4 niveaux d'hydrostat. Variantes de prise de force: 540/540E/ selon vitesse. Puissance hydraulique au litre selon type: 33 à 46 l/min. Cabine avec plateforme réversible.
TTR/TRX/HR/TRH	direction avant 4 RM	9	
<b>Case IH; CNH Industrial N.V.</b>			Case IH Center Schweiz, 8166 Niederweningen
<b>Case IH</b> Série F	4 RM vignes et vergers	4	Les tracteurs à voie étroite connus sous la désignation « Quantum » sont équipés de moteurs de 48 à 78 kW. Deux transmissions + une rampante disponibles à choix. Prise de force selon vitesse en série ou en option. Le débit hydraulique maximal est de 48 ou 64 l/min. Largeur totale série V: 1061 mm, série N: 1236 mm, série F: 1398 mm.
série N	4 RM vignes et vergers	4	
série V	4 RM vignes	5	
<b>Claas GmbH, Harsewinkel (Allemagne)</b>			Serco Landtechnik AG, 4538 Oberbipp
<b>Claas</b> Nexos F	4 RM vergers	4	Les Nexos fonctionnent avec des moteurs de 53 à 74 kW. Quatre variantes de transmission avec à choix une variante réversible Revershift. Trois régimes de prises de force (en partie en option). Circuit hydraulique double pompe de 57/59 l/min, circuit hydraulique triple pompe avec 25/26 l/min en supplément. Cabine avec climatisation, filtre à charbon actif pour traitement phytosanitaire. Largeur totale série VE: 1000 mm, série VL: 1260 mm, série F: 1460 mm.
Nexos VL	4 RM vignes	4	
Nexos VE	4 RM vignes	3	
<b>Same Deutz-Fahr Group S.p.A., Treviglio (Italie)</b>			Same Deutz-Fahr Schweiz AG, 9536 Schwarzenbach
<b>Deutz-Fahr-</b> Agroplus F/S/V (vert)	4 RM vergers	4	Les trois groupes de modèles SDF comportent des moteurs turbo 3 ou 4 cylindres SDF développant 60 et 78 kW. Différentes variantes de transmission avec Powershift 45V/45R et rampantes. Prise de force 540, 540E ou 1000 t/min et prise de force selon vitesse en option. Puissance hydraulique 54 l/min ou avec double pompe 33+25 (58) l/min. Joystick électrique. Régulation mécanique du relevage – EHR sur demande. Largeur totale série V: 1110 mm, série S: 12220 mm, série F: 1510 mm
<b>Lamborghini</b> RF/RS/RV (blanc)	4 RM vignes	5	
<b>SAME</b> Frutteto <sup>3</sup> Frutteto <sup>3</sup> S/V Krypton <sup>3</sup> V/F/SIX	(option direction arrière disponible) tracteurs à chenilles	4	Les trois marques distribuées proposent des tracteurs à chenilles. Moteurs turbo 60/62,5/70 kW. Transmission synchronisée réversible 16V/16R. Vitesse minimale de 610 m/h ou 1330 m/h.



Plusieurs outils portés, ainsi cette machine de taille, sont entraînés hydrauliquement, ce qui impose des exigences particulières au système hydraulique. (Photo d'usine)

### Explication du tableau

Utilisés presque exclusivement dans le domaine communal, les modèles de tracteurs compacts de Agromechanika, Argo Tractors (Landini, McCormick, Valpadana), BCS groupe (BCS, Ferrari, Pasquali), Hako, Iseki, John Deere, Kubota, Lenar, Hako, MF, Same Deutz-Fahr ne sont pas mentionnés par souci de clarté.

Les désignations de systèmes spécifiques (p.ex. Lift-O-Matic™) ont été reprises sans commentaire et doivent être précisées en parlant avec les commerçants ou en consultant les prospectus. En raison de la grande variété des transmissions, nous ne garantissons pas l'exhaustivité de cette liste, par ailleurs sous réserve de modifications pour chaque constructeur.

Constructeur Désignation Modèle	Type de construction	Nombre Type	Equipement moteur et transmission, puissance hydraulique, particularités, largeur
AGCO GmbH, Fendt-Marketing, Marktoberdorf (Allemagne)			GVS-Agrar Land- und Kommunalmaschinen, 8207 Schaffhouse
<b>Fendt</b> 200 Vario P	4 RM vignes	3	Moteurs diesel 3 cylindres avec puissance nominale entre 52 et 74 kW. Technique de transmission confirmée Vario. Hormis 540/540E et 1000 t/min, régime selon déplacement possible. Équipement hydraulique : pompe tandem (35+41); ou Load-Sensing-System (35+71). Largeur totale série V: 1070-1377 mm, série F: 1322-1508 mm, série P: 1598-1739 mm.
200 Vario F	4 RM vignes et vergers	5	
200 Vario V	4 RM vergers et houblon	5	
Max Holder GmbH, Metzingen (Allemagne)			Importation: 7 différents commerçants suisses
L (essieu portique)	4 RM articulé	3	Moteurs diesel avec une puissance de 37 à 68 kW. Transmission synchronisée réversible à 16 rapports, intégrale permanente avec 4 grandes roues identiques. Véhicule système à transmission hydrostatique. Les modèles L ont un empattement supérieur. Equilibrage de charge par roue. Puissance hydraulique de 42 l/min (option sup. à 120 l/min). Véhicule système C/M avec trois plages de chargement et charge autorisée jusqu'à 1800 kg. Largeur totale série F: 910-1044 mm, série L: 1200-1234 mm, série C/M: 1170/1264 mm (avec pneus étroits de vigne).
F (empattement court)	4 RM articulé	3	
C/M/S véhicules multifonctions	4 RM articulé	7	
Deere & Company, Moline / Illinois (USA)			Matra, John Deere, 3250 Lyss
<b>John Deere</b> Série 5GF	4 RM vergers (direction arrière)	3	Série 5GF/5GV avec moteurs diesel 4 cylindres de 59 à 74 kW, injection mécanique. Série 5RN avec injection haute pression CommonRail. var. de transm.: 12V/12R, 24V/24R, 24V/12R SyncReverser, 16V/16R (32/32) PowerQuad. Prise de force 540/540E (1000). Syst. hydraulique ouvert, en option puissance de débit de 104 l/min, Load Sensing sur série 5RN. Constr. bloc (5RN châssis complet). Cabine avec climatisation, 74 ou 81/82 dB d'émission de bruit à pleine charge; vision 320°. Larg. tot. série 5GV: 1150-1450 mm, s.: 5GF 1350-1650 mm, s. 5RN: 1860 mm.
série 5GV	4 RM vignes (direction arrière)	3	
série 5RN	4 RM vergers et houblon	3	
Krieger-Fahrzeugbau GmbH, Rhodt (Allemagne)			
<b>Krieger</b> K70/80/502-1002	4 RM articulé	6	Moteurs diesel atmosphériques ou turbo d'une puissance de 37 à 75 kW. Transmission 12V/12R synchronisée. 540/540E + selon déplacement. Puissance hydraulique au l selon type entre 50 et 70 l/min. Autres équipements selon types, arceau de sécurité, cabine, cabine surbaissée, climatisation.
Kubota Corporation, Osaka (Japon)			Ad. Bachmann AG, 9554 Tägerschen
<b>Kubota</b> modèle M	Tracteurs à voie étroite	3	Modèles M: 43 à 70 kW, technique 4 soupapes par cylindre, transmission synchronisée 15V/ 5R (18/18 ou 36/36). Prise de force 540/540E (option 540/1000). Syst. de direction Bi-Speed à double sphère, faible rayon de braquage (dès 30° la vitesse de rotation des roues avant augmente). Protection du conducteur ROPS ou cabine (W), largeur dès 1260 mm.
4 RM vignes et vergers	1		
Argo Tractors S.p.A, Fabbrico (Italie)			Samuel Stauffer & Cie., Les Douzilles 6, 1607 Les Thioleyres
<b>Landini</b> Rex F/GE/GT	4 RM vignes	7	Moteurs diesel 3 et 4 cylindres Perkins d'une puissance de 50 à 81 kW; différentes variantes de transmission 12V/12R, 16V/16R, inverseur hydraulique, autres variantes 15V/15R, 20V/20R, 30V/30R, 40V/40R.
<b>McCormick-</b> série F/VN/FN	4 RM vignes	1	Prise de force 540/750 ou 540/1000 T/min.
	4 RM vergers	1	Puissance hydraulique au litre 52,3+29,9 l/min (Option 41+29+41 l/min) (variantes d'équipement identiques Landini/McCormick);
<b>Landini</b> Trekker F/M	tracteur à chenilles		Moteurs Perkins de 54 à 72 kW. Transmission de base 16V/8R. Prise de force 540/750 ou 540/1000 t/min. Hydraulique 38,4+27 l/min (comparable à la palette d'équipement Landini/McCormick)
<b>Valpadana</b>	tracteurs vignes et vergers	< 10	

Constructeur Désignation Modèle	Type de construction	Nombre Type	Equipement moteur et transmission, puissance hydraulique, particularités, largeur
AGCO Massey-Ferguson			GVS-Agrar Land- und Kommunalmaschinen, 8207 Schaffhouse
<b>Massey-Ferguson</b>			
MF 3600-V	4 RM vignes (direction arrière)	3	Moteurs diesel 3,3 l CommonRail AGCO Sisu-Power de 51 à 76 kW. Variantes de transmission : Série : boîte réversible 12V/12R. Options : 24V/24R, 24V/24R SpeedShift, 24V/12R PowerShuttle+SpeedShift avec 3 embrayages multidisques. Prise de force 540/540E, 1000 t/min et selon déplacement en option. Réglage du bras supérieur, régulation mécanique de résistance à la traction. Option : régulation du relevage EHR. Puissance hydraulique 48 à 62 l/min. Suspension de l'essieu avant « SuperTurn » pour courbes serrées.
MF 3600-S	4 RM vignes (direction arrière)	5	
MF 3600-F	4 RM vergers (direction arrière)	5	
MF 3600-GE	construction basse	5	Largeur totale V: 1000 mm, S: 1300 mm, F: 1500 mm, GE: 1150 mm.
New Holland, CNH Industrial N.V.			New Holland Centre suisse, 8166 Niederweningen
<b>New Holland</b>			
T 4000 V	4 RM vignes	4	Moteurs turbodiesel 4 cylindres FPT Industrial de 48 à 71 kW. Variantes de transmission T: 16V/16R, 28V/16R, 32V/16R 30, Synchro ShuttleTM 40 km/h, etc. Variantes de transmission TD: 12V/12R ou 20V/12R à commande mécanique. Hydraulique : pompe standard 48,6 et 66 l/min; TD 45 l/min; Option 55 l/min. Réglage du bras inférieur et système Lift-O-MaticTM. Série T EHR en option. Prise de force, (540), 540/540E; série T 540/540E/1000 en option ou série. T4000 V/N/F avec essieu SuperSteerTM. TD sans cabine ! Largeur totale : modèles T: 1070, N: 1300, F: 1535 mm. Modèles TD: 1530-1609 mm.
T 4000 N	4 RM vignes et vergers	3	
T 4000 F	4 RM vergers	3	
TD 4000 F	variante de construction simple	3	
Tong Yang Moolsan Co. Ltd, Busan (Corée)			SGG GmbH, Land- und Kommunaltechnik, 8493 Saland
<b>TYM</b>			
T233 bis T603	4 RM compact	7	Moteurs Mitsubishi, Perkins et CAT, puissance jusqu'à 43 kW. Transmission hydrostatique à inverseur hydraulique 12V/12R, 16V/16R et 24V/24R. Prise de force 540 ou 540/1000 t/min. Puissance hydraulique maximum 57,2 l. Largeur totale : 1244 à 1817 mm

## Moteurs

Des moteurs à 3 ou 4 cylindres sont utilisés habituellement. Dotés tant de la technologie à 2 et à 4 soupapes par cylindre que de l'injection mécanique ou CommonRail, ils sont (encore) conformes aux exigences en matière de norme d'émissions de leur classe de puissance. La plupart des moteurs installés dans les tracteurs arboricoles et viticoles compacts délivrent une puissance de 40 à 80 kW.

## Entraînement

Les transmissions comportent bien des variantes. En plus des transmissions hydrostatiques, ce sont surtout celles à inverseur avec un nombre variable de rapports de vitesse qui couvrent la plage de puissance inférieure. Ces dernières sont aussi de plus en plus vendues ou commandées dans le segment des tracteurs arboricoles et viticoles compacts plus grands. La majorité des fabricants proposent des systèmes de vitesses rampantes, applicables ni dans tous les cas ni sur tous les modèles. Fendt est le seul constructeur qui équipe tous ses tracteurs à voie étroite de la transmission continue Vario.

## Installation hydraulique

L'hydraulique arrière inclut aussi bien des systèmes simples, à commande mécanique, que des systèmes à commande électro-hydraulique. Des solutions intermédiaires, comme le « Lift-O-MaticTM » de New Holland, couvrent les besoins de

fonctionnement requis et facilitent les processus répétitifs.

Un relevage et une prise de force avant sont disponibles en option pour de nombreux tracteurs à voie étroite.

## Rayon de braquage

De nombreux tracteurs à voie étroite sont conçus avec un rayon de braquage particulièrement serré pour optimiser la maniabilité. L'on trouve par exemple le système Bi-Speed de Kubota sur l'essieu avant ou l'essieu SuperSteerTM de New Holland. La manœuvrabilité est également recherchée par les constructeurs de véhicules articulés comme Holder.

## Equipement en prise de force

Un nombre significatif de tracteurs à voie étroite sont pourvus en série ou en option d'une prise de force dépendant de la vitesse de déplacement. L'équipement le plus simple se limite au régime 540, mais les combinaisons standard 540/540E ou 540/750 sont très fréquentes. En option, les tracteurs sont également disponibles avec une prise de force 1000. Le profil 21 fentes est proposé par un constructeur (John Deere). ■



**Les tracteurs à chenilles disposent d'une traction unique et ménagent le sol, mais ne sont pas adaptés pour les trajets routiers.**

# Véhicule porteur pour vignes en pente

Les véhicules télécommandés peuvent faciliter l'exploitation en lignes sur les pentes abruptes. Un projet de recherches allemand\* se consacre à cette problématique.

Ruedi Hunger

L'Institut de recherches de Geisenheim (D) et l'Université technique de Munich ont développé et testé un prototype de véhicule porteur et tracteur sans conducteur quant à ses aptitudes à travailler dans les vignobles en pente.

## Conception du prototype

Deux essieux d'entraînement du fabricant de moto-faucheuses Brielmaier ont été utilisés pour l'établissement du prototype. En raison de la structure rigide des axes d'entraînement, un tel véhicule porteur peut être conçu avec un entraînement soit à «ripage» (skid steer), soit central. Chaque essieu comporte un axe central et deux tambours d'entraînement. Les avantages de ce concept sont un centre de gravité très bas et une construction compacte. Les tambours sont munis de pointes en plastique amovibles et s'étendent, hormis l'interruption au centre, sur toute la largeur du véhicule. Chaque tambour est entraîné par un moteur hydraulique. Un groupe hydraulique fournit deux circuits d'entraînement. Deux répartiteurs de débit assurent que l'huile nécessaire à l'entraînement soit répartie équitablement entre les essieux avant et arrière. Le moteur d'entraînement délivre une puissance de 11 kW.

\* Les ressources financières et l'expertise technique sont fournies par Brielmaier Motormäher, Inovel, HBC radiomatic, Geoconcept, LOG Hydraulik, AGCO et HBM Messechnik AG. Le projet est également soutenu par le Ministère allemand de l'alimentation, de l'agriculture et de la protection des consommateurs.  
(Source: VDI-Bericht Nr. 2173; Hochschule Geisenheim)

## Conception de l'entraînement:

**Skid steer:** les essieux avant et arrière sont reliés par le cadre de support rigide servant à fixer des appareils ou à porter des charges. Les deux tambours gauches et les deux tambours droits sont reliés à un circuit hydraulique et commandés conjointement.

Un nouveau véhicule autonome et sans conducteur facilitera à l'avenir l'exploitation des vignobles en pente.



Le mode de direction skid steer est également appelé «type panzer» ou «direction à glissement». Les paires de roues ou de chenilles latérales peuvent tourner en sens opposé, ce qui permet de tourner sur place.

**Articulation centrale:** le prototype articulé dispose d'un cadre avec articulation centrale. Le tambour arrière gauche est entraîné avec l'avant droit et le tambour arrière droit avec l'avant gauche au moyen de deux circuits hydrauliques propres. Cette «contre-activation» per-

met une direction articulée passive. En conséquence, aucun cylindre de direction n'est nécessaire.

## Premiers résultats des essais: direction

Des essais en cercle ont montré que, dans ces conditions, la direction articulée offre de meilleures dispositions que le système skid. Les mesures de tension ont confirmé l'hypothèse que ce dernier est source de contraintes et de charges importantes sur le châssis du véhicule. Le maintien d'un angle de flexion stable, nécessaire au suivi de la voie, s'est avéré difficile dans le cas du pilotage articulé passif. Dans le déroulement ultérieur du projet, cet inconvénient devrait disparaître avec l'installation d'un contrôleur d'angle de flexion.

## Premières phases d'essai: transport

À l'issue des premiers essais avec le prototype à deux essieux, la capacité de montée attendue (65%) a été atteinte avec 200 kg de charge utile. Des ajustements électroniques plus étendus

sont néanmoins nécessaires pour la mise en œuvre des commandes de direction, ainsi que pour la conduite autonome par navigation GPS. Des études complémentaires sur la capacité de montée sur différents supports et avec différentes charges doivent être menées. Un dispositif pour l'application de produits phytosanitaires se trouve en cours de développement. L'objectif de ce projet consiste à mettre au point une unité de travail autonome pour pentes abruptes, qui ne nécessite ni pilote, ni treuil. ■



Une fonction-un terminal. Il y a quelques années, on ne pouvait y couper. Les cockpits d'aujourd'hui sont mieux ordonnés. Même lorsqu'on utilise simultanément plusieurs machines ou fonctions ISOBUS, un ou deux écrans suffisent. (Photo: Agro Con GmbH)

## Tout sur l'écran ?

Faut-il préférer les boutons poussoirs aux commutateurs ? Avec combien d'écrans dans la cabine ? Comment organiser le contenu des moniteurs pour avoir une vue d'ensemble ? Les systèmes de pilotage font débat dans le machinisme agricole.

Wolfgang Rudolph\*

Le matin, quand dans la cabine du tracteur s'allument les lampes de contrôle et les écrans, des montagnes de données se mettent à circuler. L'agriculteur dort encore à moitié que ses puces (électroniques !) et ses ordinateurs dialoguent déjà intensivement. Le contrôleur de tâches (Task Controller, TC) trie les ordres de mission envoyés par l'ordinateur de la ferme, rédige l'ordre du jour, cherche un signal GPS et prépare cartes et applications.

\* Wolfgang Rudolph, de Bad Lausick (D), est journaliste indépendant, spécialisé dans l'agriculture, l'environnement et les énergies renouvelables

Le TC est une sorte de secrétariat, qui ne va cesser, au fur et à mesure de la journée, de coordonner le flux des données entre les ordinateurs du tracteur et les outils (ECU=Unité de contrôle électronique). Il est aussi le seul lien direct avec le chef, l'agriculteur et chauffeur, via le terminal installé dans le cockpit. C'est encore lui qui distribue, contrôle, par le biais du terminal virtuel (VT) – on parle de terminal universel (UT) dans le monde ISOBUS – les tâches des outils, épandeurs, pulvérisateurs & Cie, et en vérifie l'exécution.

### Un goulot d'étranglement

Sur les tracteurs modernes, le terminal est devenu la principale plateforme d'échange entre l'homme et la machine. Il doit gérer des tâches de plus en plus nombreuses. Il y a les organes du tracteur, transmission, relevage par exemple, et des fonctions comme le guidage en lignes parallèles, les manœuvres en bouts de champs. S'y ajoutent la gestion des détecteurs de végétation, le sectionnement des rampes par GPS, le traitement de données comme les cartes de fertilisation. Enfin, c'est lui qui assure la liaison avec le bureau.

Cette plateforme, surnommée «Human Machine Interface» (HMI) dans le jargon, devient aussi un goulot d'étranglement. Grâce à l'ISOBUS, les électroniciens ne cessent de confier de nouvelles tâches – certes fort utiles – à ce terminal. Les ergonomes en viennent à craindre un phénomène d'«Over-Flow», un déferlement d'informations que le conducteur ne puisse plus gérer. Au lieu que la productivité s'améliore, on la voit diminuer en raison d'erreurs de pilotage; et puis, le plaisir de conduire disparaît, écrasé par la technique. Ce risque de surmenage a été mis en évidence par des études de l'Université de Stuttgart (département Design technique).

Concepteurs, scientifiques et constructeurs sont unanimes: l'ordinateur de bord ne doit pas gérer l'intégralité du pilotage. L'homme doit en rester maître. «Plusieurs pistes sont ouvertes, et il existe déjà des concepts de terminaux originaux», raconte Hannes Schallermayer. Cet électronicien travaille sur les logiciels Land-Data Eurosoft à l'AEF (Agricultural Industry Electronics Foundation), une fondation qui a pour but de développer et appliquer la norme ISO 11783 (ISOBUS) (voir aussi page 36).

### Moins de câbles et plus de clarté

Au tournant du millénaire, quand est née l'agriculture de précision, les pionniers installaient une quantité de terminaux assez basiques pour chaque application dans les cabines de leurs tracteurs. Avec l'arrivée de l'ISOBUS et de terminaux élaborés, deux stratégies se font jour.

- Certains plaident pour l'utilisation de deux terminaux, l'un pour gérer la marche du tracteur, l'autre, plus grand, pour les commandes et la gestion des fonctions ISOBUS.

Ainsi en est-il sur les John Deere où le CommandCenter de la console de droite agit sur le moteur, la transmission, l'hydraulique et l'éclairage. Proposé en option, le GreenStar 2630 permet d'accéder à des données documentaires, de surveiller la productivité, de gérer la direction et toutes les fonctions ISOBUS, jusqu'à de la vidéo.

Les cockpits des Claas proposent un modèle de répartition analogue. A l'achat, le pilote peut choisir entre le terminal de base S7 ou la version S10 à écran tactile de 10,4 pouces. Sur les Massey Ferguson, le terminal C3000 joue le même rôle.

Chez Agri Con, Andreas Schmidt est un partisan de ce «partage des tâches» en deux. «C'est un bon compromis, surtout que la gestion du tracteur n'est pas standardisée et relève plutôt de systèmes propriétaires», remarque cet expert.

- A l'inverse, Fendt mise clairement sur un terminal universel ISOBUS, gérant aussi bien le fonctionnement du tracteur que celui des machines. Les développeurs ont mis au point un concept pointu de terminal Vario, qui vaut aussi bien pour la version 7" que pour la 10,4". «Un terminal pour toutes les machines et toutes les applications»: tel était aussi le slogan avancé à la dernière Agritechnica par Müller-Elektronik pour son Touch1200, son nouveau vaisseau amiral.

### Boutons contre écran tactile

Les touches tactiles, les «softkeys», du terminal Amatron 3 d'Amazone ou du Cebis de Claas rendent bien service.

Les touches sont faciles à utiliser en roulant, puisqu'on peut les «toucher» au sens propre du terme, en posant le doigt dessus et en appuyant, pratiquement sans regarder. L'avenir appartient pourtant à l'écran tactile, les développeurs sont à peu près unanimes là-dessus. Même Amazone et Claas se sont mis, ces derniers temps, à proposer des écrans tactiles en plus de leurs consoles à touches. «Ils facilitent le développement



**Le terminal TOUCH1200 de Müller-Elektronik dispose d'une interface tactile à commande intuitive qui peut afficher simultanément jusqu'à cinq applications, en format horizontal ou vertical. Le graphisme est optimisé pour être manipulé par touche d'écran.** (Photo: Müller-Elektronik GmbH & Co. KG)

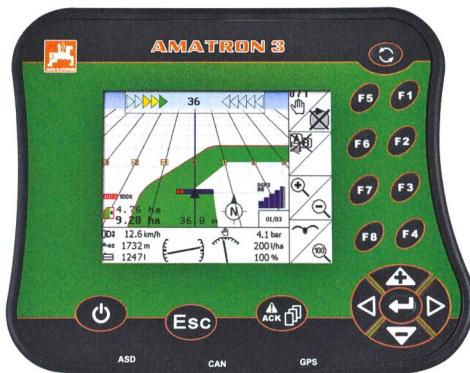


**Le nouveau terminal S10 de Claas fait partie du programme EASY (Efficient Agriculture Systems), nom sous lequel Claas réunit l'ensemble de ses activités dans l'électronique. L'écran tactile affiche au choix une application unique, respectivement une image de la caméra, ou bien trois applications ou encore quatre images simultanément.**

(Photo : Claas Agrosystems KGaA mbH & Co KG)



**Sur le terminal Vario 10,4", le paramétrage des menus s'effectue en touchant l'écran ou avec les boutons de navigation. Le réglage de certaines valeurs se fait par un bouton rotatif. L'écran peut afficher jusqu'à quatre applications différentes.** (Photo: AGCO GmbH)



**Chez Amazone, l'AMATRON 3 est l'appareil d'entrée de gamme pour accéder au monde des terminaux ISOBUS. Une touche permet de commuter d'une application à l'autre lorsque l'on doit gérer plusieurs instruments.**

(Photo: AMAZONEN-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG)



**Le terminal ISOBUS CCI 200 se commande en touchant l'écran et, accessoirement, par des touches et un bouton rotatif. Un plus du branchement ISOBUS, cet appareil dispose d'une possibilité de liaison bluetooth ou wifi et, en option, d'un modem GSM pour «converser» avec d'autres appareils.** (Photo: Competence Center ISOBUS e.V.)



**Le transfert de certaines fonctions de pilotage vers un levier multifonctions dans la cabine ou vers un joystick AUX est une façon de répartir et combiner les commandes entre touches, écran tactile et boutons.** (Photo: Maschinenfabrik Bernard KRONE GmbH)

de commandes intuitives. La gamme des options et les possibilités de personnalisation sont beaucoup plus vastes», explique Hannes Schallermayer. Inconvénient des écrans tactiles : ils ne donnent pas de signal «retour». Mais ça va changer prochainement, grâce à des «quittances» acoustiques ou des vibreurs d'écran indiquant que la commande a été perçue, assure notre interlocuteur. Ceci dit, les deux types de commandes peuvent se marier. La jeune équipe du CCI (Competence Center ISOBUS), association œuvrant pour le compte des constructeurs de machines agricoles Rauch, Lemken, Amazone, Grimme, Krone, Kuhn, Pöttinger et Bergmann, a développé les terminaux ISOBUS CCI 100 et 200 que l'on peut commander aussi bien avec leurs 12 touches tactiles qu'en effleurant la surface de l'écran de 8,4". Ces terminaux sont aussi dotés d'un codeur incrémental, en clair un bouton rotatif pour régler les valeurs recherchées. Le terminal Fendt Vario dispose de commandes analogues. L'attribution de certaines commandes au levier multifonction de la cabine ou à un joystick ISOBUS séparé est une autre manière de combiner l'utilisation de touches et de commandes par écran tactile. Le label ISOBUS AUX-N (Auxiliary Controll «new») permet de vérifier la compatibilité des ensembles.

### Les concepts de commande intuitive

Pour Andreas Schmidt, le fait que les écrans tactiles puissent être commandés de différentes manières et sous des configurations diverses est un atout pour développer des menus de commandes intuitifs et des interfaces graphiques qui facilitent le travail de l'opérateur. «Une application toute seule est assez facile à présenter sur une interface couvrant l'écran. Tout se complique quand plusieurs applications fonctionnent simultanément, par exemple un épandeur d'engrais et la fonction d'épandage unilatéral», remarque le développeur.

A cet effet, Agri Con et WTK-Elektronik ont créé ensemble un concept de commande dans des fenêtres hiérarchisées. Il fonctionne depuis environ un an sur le terminal Agri Touch. L'écran peut afficher simultanément jusqu'à trois interfaces pour des applications différentes, mais seule l'application affichée au premier plan peut être activement commandée. Le changement de fenêtre se fait par effleurement ou par un bouton. Les applications

supplémentaires s'affichent sous forme d'icônes sur la gauche de l'écran d'où on peut les ouvrir.

Le « Mini-View » du terminal Topcon X30 (Amapad chez Amazone) affiche en petit sur le côté de l'écran multitouches 12,1" les applications que l'on souhaite garder à l'œil sans pour autant les commander activement. L'utilisateur peut changer d'application en la touchant. Same Deutz-Fahr utilise ce même outil informatique de la marque Topcon. Son iMonitor2.0 reste bien lisible, même au soleil. Il affiche toutes les informations et les commandes importantes, qui vont de la gestion du tracteur avec son dispositif de conduite en ligne agrosky à la caméra, en passant par l'ISOBUS. Une alternative existe sous forme de console à interface multimedia (MMI).

L'IsoMatch Tellus de Kverneland offre un écran partagé en deux, de 31 cm de diagonale, sur lequel les représentations du tracteur et de l'outil peuvent se superposer.

A l'Agritechnica 2013, Müller-Elektronik lançait le terminal Touch1200, qu'elle qualifiait de nouveau concept de commandes. L'interface permet d'afficher simultanément jusqu'à cinq applications en format vertical ou horizontal. Différents fabricants proposent en outre des possibilités de réglage ou de paramétrage astucieux, à l'instar de l'écran qui s'assombrit pour les travaux nocturnes ou du «Mode nettoyage», un verrouillage complet de l'écran permettant de le nettoyer sans influencer les réglages.

### Commandes ISOBUS par tablettes-PC

La séparation des éléments logiciels d'avec le hardware offre une impulsion au développement de systèmes innovants.

Dans le genre, Claas vient de présenter son logiciel UT APP (Universal Terminal ISOBUS) qui permet aux agriculteurs de transformer leur tablette-PC en terminal ISOBUS.

Dans le même créneau, Hansenhof-Electronic a mis au point le farm display, un programme qui s'installe sur tous les PC fonctionnant sous Windows ou Linux. L'interface farm display permet de configurer autant d'applications qu'on le souhaite, dans n'importe quel ordre et sur n'importe quel écran. Sur les tablettes et les écrans ad hoc, le programme fonctionne en mode tactile à plusieurs doigts et permet de retourner les images.



**Le concept d'utilisation du terminal Agri Touch permet d'effectuer des réglages sur une application sans quitter les autres des yeux.** (Photo: Agro Con GmbH)



**Le field-operator 450 de WTK-Elektronik est un terminal ISOBUS universel. Il dispose d'un nouvel écran tactile Triple-Action.** (Photo: WTK-Elektronik GmbH)



**Sur l'AFS Pro 700 de Case-IH, la fonction Split permet à l'utilisateur de configurer individuellement les six fenêtres apparaissant à l'écran.** (Photo: CASE IH Agriculture)



**Sur le Topcon X30, c'est l'utilisateur qui choisit parmi les nombreuses options de commandes et d'affichages. Les graphiques de l'écran Multi-Touch restent bien visibles même en plein soleil.**

(Photo: Topcon Positioning Agriculture Europe)

Väderstad propose une solution astucieuse avec le nouvel E-Service, une application permettant de gérer un semoir Tempo à l'aide d'un iPad. Il fonctionne aussi avec les tracteurs dépourvus d'ISO-BUS, grâce au boîtier de liaison sans fil « Black-Box » qui se fixe sur le semoir. Suprême raffinement: Väderstad a construit un support d'iPad pourvu d'un clavier de commande. Si la tablette dispose d'une liaison internet, l'agriculteur peut commander, via l'application E-parts, des pièces de rechange directement chez son agent, via un magasin en ligne en trois dimensions.

D'après les experts, de nouveaux dispositifs vont très bientôt venir révolutionner l'interaction entre l'homme et la machine, à l'exemple du Head-up-Display (HUD) intégré au pare-brise du tracteur, ou encore des commandes par gestes ou par le regard. Visions futuristes ? Les recherches vont déjà bon train. On parle déjà d'interfaces brain-computer, entre l'ordinateur et le cerveau de l'opérateur, qui permettront de commander les machines par la pensée. C'est ce que prédit le professeur Thomas Maier. ■



**Un support d'iPad fait partie du nouveau E-Service de Väderstad. Avec l'application idoine, l'iPad se transforme en terminal pour semoir Tempo. Les fonctions sont accessibles via l'écran tactile de l'appareil ou par le clavier.** (Photo: Väderstad GmbH)



**L'IsoMatch Tellus de Kverneland affiche deux écrans en un pour gérer aussi bien les fonctions ISOBUS de l'outil que les autres applications. Cet écran peut aussi montrer jusqu'à quatre images de caméra vidéo.**

(Photo: Kverneland Group)



**Le programme farm display que Hansenhofer Electronic a présenté à l'Agrotechnica s'installe sur tous les PC tournant sous windows ou linux. Tablettes et écrans tactiles se transforment ainsi en terminal ISOBUS.** (Photo: Hansenhofer electronic)



Le déclenchement des lignes par GPS permet d'éviter les chevauchements.

## Nouvelles applications Isobus – plus de confort et d'efficacité

Pour qui vaut-il la peine d'équiper les tracteurs et les machines de dispositifs Isobus ? Nous l'avons demandé à un agro-entrepreneur qui devrait le savoir: Hans Peter Lauper, propriétaire de l'agro-entreprise [www.landag.ch](http://www.landag.ch) de Wiler bei Seedorf (BE), donne des cours sur le thème de l'électronique à l'Union suisse du métal (USM), dirige la formation continue des mécaniciens chefs d'atelier en machinisme agricole à l'école professionnelle de Langenthal [www.bfsl.ch](http://www.bfsl.ch) et traite lui-même le thème de la mécatronique. En 2011, il s'est également équipé du premier semoir de précision avec déclenchement des lignes commandé par GPS.

### Ruedi Burkhalter

Lorsque l'on suit les tendances de développement et le rapport coûts/avantages liés aux investissements Isobus, il faut distinguer entre les besoins des cultures (Precision Farming) et ceux des machines. Au sujet de la Suisse, les experts s'accordent à dire que les avantages agronomiques de ces systèmes concernent surtout les agro-entrepreneurs travaillant de grandes surfaces (voir interview). Cependant, l'évaluation coûts/avantages d'un investissement dans la technologie Isobus paraît pertinente vu qu'un nombre croissant de fabricants intègrent des applications Isobus. Davantage à ce propos ci-dessous...

### La Suisse comme cas particulier

Hans-Peter Lauper active le système par ligne basé sur GNSS au début du travail. Par la suite, l'enclenchement et le déclenchement des éléments semeurs sont pris en charge automatiquement par le système Isobus. Les chevauchements en bout de champ et sur les parcelles de forme irrégulière appartiennent dorénavant au passé. Monsieur Lauper estime l'économie de semences de 3 à 10 %, selon la forme et la taille des terrains. Cela représente de 10 à 25 francs par hectare au maximum. « La technologie Precision Farming a été développée pour de grandes exploitations de plusieurs

milliers d'hectares », souligne-t-il. Dans ce cas, on peut économiser encore davantage par machine. Enfin, les règles suivantes s'appliquent: plus la largeur de travail est grande, plus la proportion des surfaces de chevauchement et donc de déclenchement s'accroît. Plus le taux d'utilisation annuelle d'une machine est élevé, plus les coûts supplémentaires de l'équipement Isobus sont amortis rapidement. Plus le nombre de machines (ex: semoir universel, semoir de précision, pulvérisateur, épandeur d'engrais) commandées par un terminal universel avec logiciels intégrés augmente, moins on investit en hardware et en software.

## Davantage de rendement avec moins de fatigue

Hans-Peter Lauper juge que l'avantage ne se limite pas à l'économie de semences. La qualité de semis s'est améliorée et les champs de ses clients, débarrassés des zones de chevauchement, mûrissent plus régulièrement. L'agro-entrepreneur précise que malgré cela, il ne peut pratiquement pas répercuter les coûts supplémentaires du système sur ses clients. Il ajoute : « Le plus grand profit pour moi est clairement l'allègement de la tâche du conducteur. » Moins surchargé, celui-ci peut mieux se concentrer sur le suivi en se fatiguant moins vite. « Cela nous permet de travailler un plus grand nombre de surfaces dans de courtes fenêtres de temps, tout en maintenant un travail de qualité », constate Hans-Peter Lauper. Il en tire une conclusion claire : « Je ne vais abandonner cette technologie en aucun cas. »

## Son utilisation exige davantage

Hans-Peter Lauper précise que les points en faveur de l'acquisition d'Isobus ne doivent pas occulter le fait qu'un tel système confronte le conducteur, ainsi que toutes les personnes impliquées (commerces de machines agricoles et mécaniciens d'entretien), à des exigences élevées. « Avant d'acheter, mieux vaut étudier attentivement la question, afin de choisir le système vraiment adapté à l'exploitation. » Comme les appareils ne sont généralement pas tous acquis la même année, il convient de mettre en place un concept d'investissement Isobus en achetant, par exemple, un tracteur Isobus tout en s'assurant que, les ans suivants, les machines Isobus puissent être simplement branchées sans investissement supplémentaire ! Par ailleurs, l'apprentissage de l'utilisation demande des efforts, selon la complexité de la machine. Cela d'autant plus qu'un nombre croissant de vendeurs de matériel agricole envisagent de mettre à charge du client leurs services pour l'introduction et le support en la matière. Cela est comparable à l'aviation : « Il s'agit de se familiariser à l'utilisation avant la saison, et certains fabricants proposent déjà les premiers programmes de simulation. » Un degré minimal de compréhension technique est indispensable. « Et des listes de contrôle appropriées doivent être établies, car il ne faut pas se fier aveuglément à la technique. Nous avons eu l'an passé une machine qui avait une distance Offset incorrecte (décalage entre le récepteur GPS et le placement des

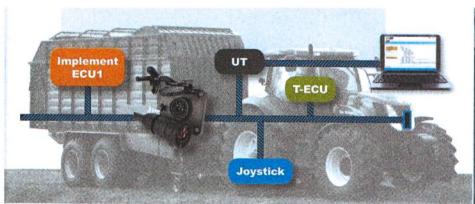
semences), suite à une pause prolongée. Si des contrôles systématiques ne sont pas effectués, il peut arriver que la machine s'arrête 2 mètres trop tôt dans les lignes ou qu'aucune graine ne soit mise en terre. » Une mise à jour du logiciel y contribue.

## Nouvelles applications utiles

Les tendances de développement Isobus que nous avons observées à Agritechnica ces deux dernières années se caractérisent par une technologie Isobus plus claire et accessible. De nouvelles applications paraissent toujours pour perfectionner l'ensemble du système. On peut citer par exemple la vaste gamme de nouveaux produits Isobus présentée par Fliegl.

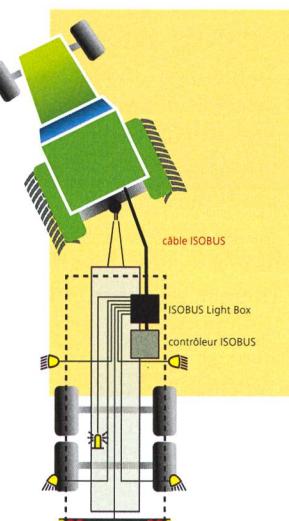
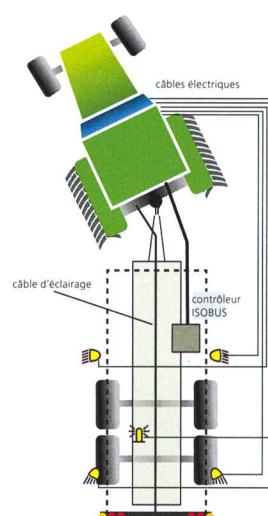
## Commande de l'éclairage centrale pour tracteur et remorque

Les tracteurs, machines et autres remorques utilisés actuellement sont de plus en plus grands et chers. Ainsi, les



Un système Isobus comporte un calculateur, un terminal ainsi qu'un élément de commande et une interface avec le PC de l'exploitation.

exigences en matière d'éclairage augmentent, pour effectuer un travail propre en toute sécurité, même dans l'obscurité. C'est là qu'intervient le « Fliegl ISOBUS Light Box » (FLB) : monté sur la remorque ou l'appareil porté, il commute de manière synchrone l'éclairage de travail et les balises du tracteur et de la remorque. La vision sur le terrain est donc optimale et sur la route, les autres usagers ne sont pas éblouis par les phares de travail. Dans le même temps, le FLB améliore le confort d'utilisation : l'enclenchement, le déclen-



Le Fliegl Isobus Light Box (FLB) n'a besoin que d'un câble pour de nombreux projecteurs.



Le FLB permet la commande de plusieurs projecteurs en toute simplicité.

chement ou la commutation du mode travail au mode route ne peuvent pas être oubliés. La fonction split-screen du FLB se révèle particulièrement pratique : le display de visualisation Isobus peut occuper un quart de l'écran. Cela permet de voir très vite l'état de l'éclairage, de la caméra et du dispositif de commande des machines. On n'a plus besoin d'être à deux pour vérifier le fonctionnement des feux de stop ou repérer une lampe défectueuse, un rapide coup d'œil à l'écran suffit. Le FLB ne nécessite qu'une connexion par câble ; il dispose d'une entrée et d'une sortie Isobus. Ainsi, des dispositifs de commande Isobus, d'autres accessoires peuvent être facilement branchés à la Light Box. Si un câble se rompait, la transmission du signal numérique ferait en sorte qu'un message d'erreur s'affiche sans délai à l'écran Isobus. Le FLB peut être utilisé universellement, et les remorques et accessoires de toutes marques peuvent être équipés de ce système.

### Charger et peser automatiquement

Le Fliegl Loading Automation (FLA) est le premier système d'automation de chargeur frontal Isobus totalement compatible. Il offre un tout nouveau confort d'utilisation comme appareil de contrôle et de pesage de précision. Le FLA actionne jusqu'à quatre circuits de commande. Une limite d'enregistrement supérieure et inférieure est définie pour le débattement et l'outil. Les procédures prédefinies comprennent les dispositifs automatiques des pinces de préhension et de retour automatique à la position zéro. La combinaison appareil de commande et balance intégrée assure des conditions idéales de pesage : la vitesse de levage est sélectionnée automatiquement afin que l'élément à peser soit soulevé uniformément. Le fabricant assure que les à-coups et autres interférences ne peuvent pas fausser le résultat de la pesée. Le FLA compose avec ces éléments. Cela est possible grâce aux vannes hydrauliques spéciales mécatroniques utilisées dans le FLA en lieu et place de soupapes électrohydrauliques : elles sont entraînées par un moteur progressif, de sorte que la vanne fonctionne de manière plus directe. Le FLA est actuellement le seul système d'automation de chargeur frontal Isobus totalement compatible. La gestion des données s'effectue selon le standard Isobus, c'est-à-dire que les données de poids peuvent être géoréférencées, enregistrées, puis transmises aux



Sur le terminal, les fonctions de l'automate de chargement et de pesage peuvent être visualisées très clairement.



La commande du chargeur frontal Isobus permet par exemple de limiter la hauteur de chargement dans les bâtiments bas.

clients par Task-Controller. Le pesage, le comptage, l'addition et la documentation n'ont jamais été aussi simples qu'avec le FLA. De plus, l'utilisation de capteurs d'angle à la place de ceux d'inclinaison améliore la compatibilité du système, exploitable sur d'autres marques.

Fliegl a encore présenté le FWS 2014, un système de pesage pour les remorques. La propriété principale du FWS 2014 est sa capacité d'étalonnage. Adapté à toutes les opérations de pesage lors de la récolte, l'épandage de fumier et de fumure minérale, il sert de balance mobile sur les véhicules de récolte. Opérationnel partout, il dispose d'un système de compensation de l'inclinaison. La saisie automatique de chargement et de déchargement soulage le conducteur et évite les erreurs manuelles. La donnée de poids est envoyée et stockée directement dans le système de documentation Isobus.

Grâce à son standard de sécurité élevé, le Fliegl FWS 2014 peut être utilisé comme balance agréée pour toutes les applications de droit commercial, telles que les factures selon le volume, le kilométrage, le poids, etc.

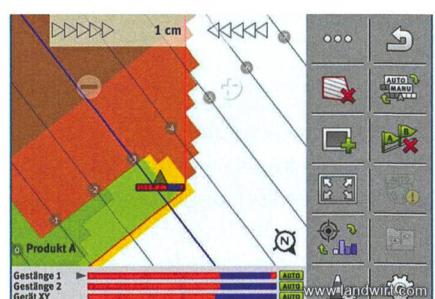
### Eviter des passages grâce au Multi-Control

Toujours dans le domaine de la Precision Farming, des nouveautés remarquables ont été présentées à Agritechnica. Nous avons sciemment choisi de présenter deux innovations du secteur de la protection des plantes. D'importantes économies de produits phytosanitaires peuvent se réaliser parce que le travail s'effectue sur de grandes largeurs et une parcelle reçoit plusieurs traitements, jusqu'à dix par an pour les pommes de terre par exemple. Le « ME ISOBUS Multi-Control » de Müller Elektronik est une commande multi-machine qui n'existe pas encore sous cette forme sur les technologies CANBUS et ISOBUS. Il permet de gérer

des machines ISOBUS complexes comprenant plusieurs unités de commande ou circuits de régulation, tels qu'un pulvérisateur avec deux rampes ou un semoir muni d'une unité pour engrangé liquide. En outre, le Multi-Control peut contrôler indépendamment plusieurs produits (semences, engrangé, etc) et procéder à leur épandage en quantités différentes. Par ailleurs, d'autres imprécisions sont éliminées, notamment celles qui se produisent lors de l'utilisation de deux unités de commande séparées. Toutes les machines impliquées dans le système se servent des mêmes données de positionnement et d'indication des capteurs. Ainsi, une utilisation plus précise et plus efficace de la machine est assurée. Les avantages sont multiples parce qu'on peut effectuer en une seule opération plusieurs applications simultanément avec contrôle de largeur partielle. Cela réduit les passages et donc les coûts de personnel et de véhicules.

### Jusqu'à 210 largeurs partielles !

Le contrôle de section et la commande de la largeur partielle par GPS s'avèrent maintenant indispensables avec les pulvérisateurs modernes. Avec le déclenchement individuel par buse « Section-Control TOP », Müller Elektronik a présenté l'évolution du contrôle de section. Cette solution permet non seulement de définir des largeurs partielles,



Le Multi-Control Isobus de Müller Elektronik peut gérer simultanément plusieurs dispositifs de largeurs partielles.

## Quatrième journée Isobus à Aarberg

Le samedi 25 Janvier 2014, l'Union suisse du métal (USM) organise pour la quatrième fois à Aarberg la formation continue « Informations pratiques sur Isobus et GPS ». Les principes de fonctionnement de l'électronique moderne sont alors expliqués sur des machines agricoles, avec de nombreux exemples pratiques à l'appui. Informations sur cette manifestation : tél. 032 391 99 11 ou kurse@smu.ch.

mais également d'activer ou de désactiver automatiquement chaque buse individuellement. Cela améliore encore l'efficacité de l'épandage en réduisant le chevauchement au minimum.

Les grands atouts de ce système sont l'intégration de la base ISOBUS existante et le contrôle de section TOP avec des solutions tant électriques que pneumatiques. Les modules de commande nécessaires sont presque identiques pour les deux variantes. Un module contrôle en général quatre buses simples, deux buses doubles ou une buse quadruple. Ce sont donc jusqu'à 210 largeurs partielles qui peuvent être commutées dans la base ISOBUS. Ceci correspond à une largeur de travail de 52,5 m avec des buses à 25 cm d'intervalle.

D'autres produits phare porteurs d'avenir ont été présentés par John Deere avec la série de pulvérisateurs tractés R 900i. Le conducteur peut, en cours de travail, choisir entre trois buses par support et les changer. Ainsi, par exemple, le long d'une étendue d'eau, une partie de la largeur de travail peut être commutée sur des buses réduisant la dérive, ceci sans démontage ni arrêt. Les enregistrements correspondants permettent une détection sans faille, basée sur GPS, des mesures prises. ■



Avec le programme de simulation de Kverneland, il est possible de se familiariser avec l'usage du terminal avant la saison.

## Adaptation d'Isobus à un usage quotidien

**Technique Agricole:** Vous utilisez déjà souvent Isobus et GPS sur les parcelles d'essai de la HAFL. Un tel investissement vaut-il la peine pour les agriculteurs suisses ?

**Bernhard Streit:** Il s'agit ici de différencier plusieurs applications. L'application spécifique par largeurs partielles d'engrais et de pesticides sur la base de cartes d'application est à oublier pour l'instant à mon avis, compte tenu des caractéristiques des exploitations agricoles suisses. Les économies ou les revenus supplémentaires sont tout simplement trop faibles pour amortir de tels systèmes. Sur nos parcelles d'essai cependant, l'avantage s'avère important : nous pouvons traiter des petites zones différemment et intégrer exactement l'influence des conditions locales du sol dans nos évaluations. Ainsi, nous pouvons tirer des conclusions plus précises. Un atout majeur est, à mon avis, que l'on peut reconstituer plus tard de façon très précise sur le PC les actions effectuées et leur emplacement à l'aide des données recueillies. Cela se révèle très utile pour apprendre plus vite des essais sur le terrain. Par ailleurs, les enregistrements manuels étaient beaucoup plus laborieux et moins précis. Faire de telles évaluations soi-même serait cependant trop coûteux pour la plupart des agriculteurs. En ne considérant que le fonctionnement de la machine, je pense pourtant que les gains de confort et de précision des systèmes Isobus valent la peine pour les particuliers. La technologie Isobus est devenue beaucoup plus accessible et adaptée au quotidien qu'il y a deux ans.

*N'est-ce pas plutôt le contraire et l'utilisateur ne doit-il pas s'occuper plus intensément de technique pour pouvoir tout simplement utiliser la machine ?*

Oui et non. Prenons l'exemple de notre machine de semis direct, qui a été équipée ultérieurement d'un système Isobus. Bien sûr, j'ai dû me familiariser avec le manuel d'instruction avant de commencer à travailler. Mais une fois le processus connu, le réglage de la machine devient beaucoup plus rapide et pratique qu'avec une machine mécanique. En outre, les éléments principaux tels que les roues de semis, le positionnement des socs et le flux de semences sont toujours contrôlés électriquement, ce qui diminue le taux d'erreurs. En évoquant précédemment la facilité d'utilisation, je pensais aussi aux interfaces utilisateur. Presque tout le monde est habitué maintenant au fonctionnement de smartphones avec des pages, etc. Les interfaces utilisateur des nouveaux terminaux Isobus s'en rapprochent. Il y a quelques années seulement, tout était beaucoup plus laborieux, avec des menus et sous-menus compliqués. C'est aussi devenu beaucoup



**Bernhard Streit** est professeur de technique des processus en production végétale à la HAFL de Zollikofen.

plus facile d'installer et de mettre en service une fonctionnalité supplémentaire sur une machine. Nous avons, par exemple, installé récemment un capteur de contrôle sur chaque tuyau de semis d'une herse combinée à un semoir Krummenacher. Comme le semoir fonctionnait déjà avec un système Isobus, le dispositif de contrôle de semis a simplement été branché au moyen d'un câble entre le tracteur et le semoir. La technique était ainsi directement disponible sur le terminal. Tout récemment encore, une telle adaptation aurait nécessité des ressources bien plus importantes.

*Que pensez-vous d'une exploitation agricole complètement connectée ?*

Dans ce domaine, de nombreuses solutions ont été présentées à nouveau cette année à Agritechnica. Dans l'agriculture, comme dans le privé, la tendance actuelle va clairement dans le sens d'un partage permanent des données et à leur stockage centralisé – dans un cloud par exemple. Cela dit, je reste très sceptique dans la pratique : Nous voulions lancer un projet de recherche visant à simplifier la collaboration inter-entreprises en créant un réseau d'agro-entrepreneurs, d'agriculteurs et d'acheteurs. Nous avons dû alors constater que l'intérêt et la volonté d'y participer étaient presque inexistantes. Je pense que la protection des données préoccupait bien plus les agriculteurs qu'admis initialement et que le libre-échange de données relatives aux parcelles entre les personnes impliquées n'est accepté qu'avec de grandes réserves.



En collaboration avec la Haute école du Valais, l'association ValNaturePro a créé ce prototype d'atomiseur à dos électrique à Salquenen. Il offre le même résultat de pulvérisation que les modèles à essence tout en émettant moins de bruit. (Photos: Philippe Glenz, Bulle/Dominik Senn)

## Entraînement électrique dans la vigne

Émissions de bruit réduites, meilleur bilan climatique, protection accrue au travail et coûts généralement moindres, tels sont les effets constatés lorsque les machines viticoles passent des combustibles fossiles à l'entraînement électrique. *Technique Agricole* a examiné le projet prometteur «d'énergie renouvelable et de mécanismes d'entraînement électrique dans la viticulture (EEE)» sur place, à Salquenen (VS).

Dominik Senn

Le vignoble valaisan se caractérise principalement par des terrasses, des pentes raides et une forte fragmentation. Les terrasses sont mal adaptées au travail mécanique des vignes dont la proportion reste faible. La plupart des traitements saisonniers sont effectués manuellement ou à l'aide de petits appareils. Les ma-

ches les plus couramment utilisées sont les taille-haies, les débroussailleuses à fil, les pulvérisateurs à dos, les faucheuses ainsi que les cultivateurs à moteur. Ces machines ont, jusqu'à présent, été entraînées le plus souvent par des moteurs à combustion générant des gaz d'échappement et du bruit.

### Projet en réseau

Le passage à des moteurs électriques se développe à l'heure actuelle. En 2012, l'association à but non lucratif ValNature-Pro a lancé le projet EEE dont la première phase, qui s'étend jusqu'à la fin 2014, est soutenue par l'Office fédéral de l'agriculture, le Canton du Valais, dynAlp-climate

## Coopérative ValNature et association ValNaturePro

La coopérative ValNature, fondée en 2008, s'engage en faveur de la nature, de la protection du climat et de la qualité de vie. Sa vision : vivre pleinement en limitant au minimum l'empreinte écologique. Elle encourage l'utilisation parcimonieuse des ressources naturelles. Ceci inclut le développement et la promotion des machines viticoles électriques, de la mobilité électrique et des installations photovoltaïques. Quiconque peut devenir membre et aider aux différents travaux de soins, récolte et transformation. Président : Olivier Mounir, Salquenen ; directeur : Felix Kuchler, Susten (information et inscription : info@valnature.ch).

L'association à but non lucratif ValNaturePro a été fondée à la fin 2011. L'occasion était la mise en œuvre du projet « EEE », soit le développement de machines viticoles électriques et la distribution d'appareils électriques sur le marché, tels les débroussailleuses à fil et autres appareils de taille auprès des vignerons. Le projet couvre une région allant de Sierre à Rarogne. Les membres du club sont toujours les bienvenus. Le chef du projet EEE et personne de contact est Harald Glenz, CP 123, 3970 Salquenen, 027 455 85 65, 079 446 15 86, projekte@valnature.ch.



**Harald Glenz, chef du projet EEE, tient la lance du prototype de l'atomiseur à dos à entraînement électrique.**

(Alliance dans les Alpes), le Parc naturel Pfyn-Finges (VS), les sociétés CimArk et Valmedia, plusieurs communes, des privés et diverses organisations. La deuxième phase se déroulera jusqu'en 2017. Chef du projet et président de la bourgeoisie

de Salquenen, Harald Glenz a pu, grâce à sa double fonction, mettre les promoteurs en réseau de manière efficace avec le secteur public, à savoir les autorités municipales, cantonales et fédérales. Le projet a ainsi été mis sur les rails.



**L'épandeur d'engrais monté sur le tracteur à chenilles électrique AliTrak constitue une variante pratique; une puissance de 5-6 kW suffit parfaitement.**

Le lancement du projet a été précédé d'une étude de faisabilité (voir rubrique « En savoir plus »). Elle a démontré que les batteries issues de la technologie la plus récente (au lithium) permettent d'électrifier de nombreuses machines viticoles. Le projet a incité des entreprises à convertir leurs machines principales (pulvérisateur à dos de même que tracteurs et transporteurs à chenilles) à l'entraînement électrique. Dans d'autres secteurs, des petits appareils (appareils de taille, débroussailleuses à fil, tronçonneuses) déjà existants sont actuellement à l'essai quant à leurs aptitudes pratiques en viticulture.

### Prototype de pulvérisateur à dos

Le fleuron du projet EEE, un pulvérisateur à dos électrique, vient de quitter son statut de prototype pour constituer une première petite série, ainsi que l'a signalé Harald Glenz. ValNaturePro a développé cet atomiseur en collaboration avec la Haute école d'ingénierie HES-SO Valais-Wallis, CimArk et d'autres partenaires industriels. L'entraînement électrique ménage davantage l'environnement en raison de son bruit moindre et son absence de gaz d'échappement. La consommation d'énergie s'avère plus faible et le

## La qualité « durable » de la Cave du Rhodan

La Cave du Rhodan est depuis 51 ans propriété de la famille Mounir, aujourd’hui la troisième génération. Le propriétaire actuel, Olivier Mounir né en 1967, a confié à *Technique Agricole* que comme beaucoup d’autres entreprises de la région, sa famille exploitait une ferme mixte avec ses propres vignes et du bétail, jusqu’à ce qu’elle décide de tout miser sur la viticulture et de vendre celui-ci.

### Exploitation de grandeur moyenne

Aujourd’hui, la famille Mounir produit annuellement quelque 150 000 à 200 000 bouteilles de vin, provenant de sa propre récolte sur ses 12 hectares de vignes ainsi que de raisin acheté, mais elle n’encave que sa propre production. Elle fait partie des exploitations familiales moyennes à grandes du Haut-Valais. De nombreux employés (l’équivalent de huit postes à plein temps) permettent de faire face aux travaux nécessaires dans les domaines de la viticulture (appareils), de la production (cave) et du service (administration, vente). La production se partage en 60 % de rouge et 40 % de blanc à partir de 21 cépages; le Pinot (Pinot Noir) se taille la part du lion parmi les rouges, les sols calcaires de Salquenen lui conférant son caractère unique.

### Vente directe

« Nous commercialisons nos produits essentiellement lors de ventes directes à la cave et dans les foires », indique Olivier Mounir, « nous bénéficions d’un noyau de clients fidèles que nous nous sommes constitués en un demi-siècle. » Le solde est écoulé dans le



Olivier Mounir montre, avec son tracteur électrique à chenilles AliTrak en provenance d’Italie, son engagement inconditionnel en faveur de la gestion durable de son vignoble; à l’arrière à droite, le modèle à essence.

secteur de la restauration et à des revenus, vinothèques... Olivier Mounir a particulièrement revendiqué la qualité et la durabilité dans sa relation avec la clientèle: « Nous avons mis en place la limitation des quantités dans les années 1980 déjà, quand il n’y avait pas encore de label de qualité AOC. » La durabilité exige de prendre la responsabilité de ses actes, de mener sa vie de manière « durable », de sorte que les descendants

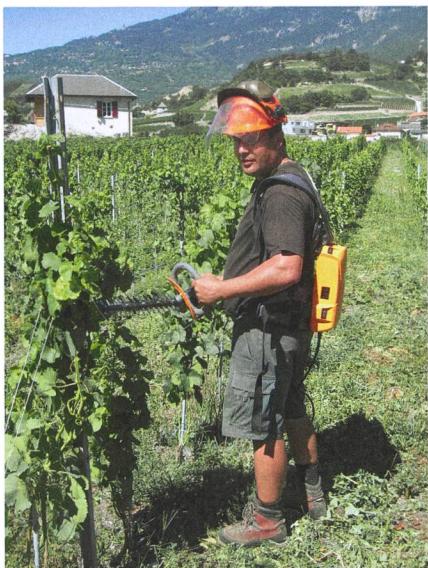
puissent encore récolter les fruits de cette terre. C'est ainsi qu'Olivier Mounir renonce aux engrangements chimiques et adopte une stratégie appuyée sur l'enherbement, l'autosuffisance en énergie photovoltaïque et l'irrigation au goutte à goutte. Il est actuellement actif dans la direction de projet EEE au sein de ValNature. La cave a été nominée pour le Prix ZKB-2014 de l'entreprise durable.

dosage de produit plus précis. L'exploitation reste avantageuse parce que sans entretien et avec de faibles coûts d'électricité, de 20 centimes seulement par charge de batterie. L'appareil avec batterie ne pèse que 8,5 kg à vide (4,5 kg pour la batterie). Il est plus léger que les produits à essence similaires et vibre beaucoup moins, ce qui rend les longues heures de travail par des températures estivales élevées infiniment moins pénibles. « L'autonomie de fonctionnement est considérable », a assuré Harald Glenz, « le prototype fonctionne deux heures par jeu de batterie, quatre heures étant même prévues à terme. »

Ce n'est pas étonnant qu'il ait remporté le « Prix Créateurs 2013 » de la Banque Cantonale du Valais et de Business Valais, face à 46 projets innovants. Cette récompense a pour but de promouvoir l'esprit



La mise en service, en septembre 2012, des panneaux solaires sur le bâtiment d’agronomie de la Cave du Rhodan à Salquenen fait partie du projet EEE et produit environ 50 000 kWh d’électricité par an.



**La batterie du taille-haie électrique offre une autonomie d'au moins un jour de travail. Il sera apprécié par les utilisateurs pour sa facilité d'utilisation et son fonctionnement silencieux.**



**La débroussailleuse électrique à fil de Pellenc a déjà été testée; elle offre de grandes capacités avec sa batterie Lithium Ultra avec une autonomie d'au moins un jour de travail également.**

d'entreprise et d'innovation en Valais. Harald Glenz estime que ce « coup de pouce » a été très important pour lancer le projet EEE.

#### **Avancement et objectifs du projet**

Le projet est bien avancé. De petits appareils électriques sont utilisés sur environ 70 ha de vignes. L'atomiseur à dos nouvellement développé et le transporteur à chenilles sont testés dans les vignobles depuis l'été 2013. Le courant provient d'une installation photovoltaïque placée sur le toit du bâtiment d'agronomie de la Cave du Rhodan. Ce sont jusqu'à présent 20 vignerons qui participent au projet,

#### **Le vignoble valaisan**

L'ensemble du vignoble valaisan occupe une superficie de 5000 ha, alors que la surface totale de vignes en Suisse s'élève à 14 800 ha. Le Valais est en conséquence doté de la plus grande région viticole de notre pays, qui s'élève à quelque 35 % du total national. Il est à noter qu'en 1890, le vignoble suisse s'étendait sur une superficie de 32 000 ha. Quelques comparaisons avec d'autres régions viticoles : Saint-Emilion = 1× Valais, Alsace 3× Valais, Champagne 6× Valais, Rioja 7× Valais, Bourgogne 10× Valais, Bordeaux 20× Valais, Californie 50× Valais. Le vignoble valaisan s'étend sur 120 km de Port-Valais à Brigue. La majorité des vignes, environ 90 %, sont situées entre Loèche-Ville et Martigny, sur la rive droite du Rhône. Le vignoble se répartit sur 69 communes viticoles, la plus petite étant Baltschieder avec

4311 m<sup>2</sup>, la plus grande Chamoson avec 426,3 ha. Les vignes sont situées entre 450 m (dans la vallée) et 800 m, avec l'exception de Visperterminen dont le vignoble culmine à 1100 m.

Le vignoble valaisan comporte 49 variétés de raisin, 32 cépages blancs et 17 cépages rouges. Cet assortiment de différents cépages est unique dans le monde du vin. Les quatre variétés principales, qui représentent 90 % du vignoble, se nomment Chasselas (Fendant) et Sylvaner (Johannisberg) pour les blancs, et Pinot Noir et Gamay pour les rouges. Les spécialités de blancs prennent une part de 6 %, alors que celle des spécialités de rouges correspond à 3 %. Quelque 12 000 vignerons sont actifs en Valais, et l'ensemble du vignoble se divise en 120 000 parcelles.

(Source : Wikipédia)

« certains idéalistes visionnaires, mais également des vignerons bien connus », a déclaré Harald Glenz. Les machines sont soit achetées, soit louées. Les coûts supplémentaires des appareils électriques par rapport à ceux équipés d'un moteur à combustion sont pris en charge par le projet. Ils résultent de la petite série et surtout des batteries (voir à la page 30); un sac à dos avec batteries (au lithium) coûte en effet plus de 2000 francs.

#### **Buts du projet pour 2017**

Comme formulé dans les objectifs 2017 du projet, quelque 300 ha de vignes devraient être traités par des machines électriques en Valais central. On cherche à obtenir 70 % de temps de machine électrique pour 100 ha de vignes. Les vignerons impliqués dans le projet utiliseront surtout des appareils de taille, des pulvérisateurs à dos, des débroussailleuses et des transporteurs à chenilles électriques. L'utilisation de l'hélicoptère sera abandonnée. L'énergie électrique viendra à 90 % de sources renouvelables locales : microcentrales hydrauliques (par exemple turbinage de l'eau d'irrigation) et d'autres systèmes photovoltaïques planifiés. Les machines électriques pourraient être utilisées dans d'autres domaines (arboriculture, agriculture de montagne, forêts, communes, etc.).

#### **Retard en raison de nouvelles adaptations**

Comme cela a été remarqué peu de temps après le début du projet, certaines

machines électriques existantes n'étaient pas adaptées à la viticulture, et de nouvelles machines ont dû être développées. Toutefois, cette évolution prend beaucoup de temps, ce qui n'était initialement pas pris en compte dans le projet. Ainsi, ces machines n'ont pas pu être commandées et utilisées comme prévu. Bien sûr, ce décalage temporel a un impact sur l'avancement du projet et l'atteinte des objectifs, dont la réalisation se voit ainsi quelque peu retardée. La motivation et l'intérêt des producteurs de vin à utiliser les nouveaux prototypes dans les vignes subsistent cependant.

#### **« Protection du climat des vignes »**

Les vignerons obtiennent des bénéfices pour la santé grâce à l'absence de gaz d'échappement et à la diminution du bruit. Le sol et l'eau ne sont plus menacés par des carburants et des huiles minérales. L'alimentation en électricité est assurée localement par des installations photovoltaïques. « Les participants au projet misent également davantage sur les vignes enherbées et la viticulture biologique », a déclaré Harald Glenz, « la destination touristique Valais/Wallis gagne ainsi en attractivité et le Parc naturel Pfyn-Finges remplit mieux sa mission de zone de loisirs attrayante. »

Comme le tracteur à chenilles avec moteur diesel est la machine viticole la plus utilisée, son remplacement doit être encouragé par des modèles électriques, ce qui conduira à une nouvelle réduction significative des émissions de CO<sub>2</sub>.