



Mobilité Innovante en milieux incertains

Éléments de contexte pour les agroéquipements

JF Goupillon, AXEMA

Jeudi 21 janvier 2016, Université Clermont-Ferrand

L'industrie des agroéquipements

L'installation d'ISOBUS

Une roadmap vers l'électrification des tracteurs et machines agricoles

Machines autonomes: retours d'expériences et perspectives

**230 entreprises françaises et étrangères (filiales françaises)
rassemblées pour fournir les équipements nécessaires en
productions végétales, élevage et entretien des espaces verts.**

- Les multinationales (AGCO, J Deere, CNH, CLAAS....)
- Quelques Entreprises de Taille Intermédiaires
- Une majorité de petites et moyennes entreprises industrielles

En année moyenne

Marché français 5 milliards € (UE: 25, monde: 85)

Production France 4 milliards €

- Exportations 3 milliards (DE, UK, USA)
- Importations 4 milliards (DE, It, USA)

Echanges

3/4 de la production française est exportée

4/5 du marché français est couvert par les importations

En moyenne 2 machines sur trois produites en Europe franchissent une frontière pour atteindre leur utilisateur/propriétaire

30% de la production européenne est exportée hors Europe

Même les petites entreprises participent à ces échanges internationaux: les marchés sont dispersés sur la planète, l'exportation est aussi un moyen de lisser les variations de conjoncture régionales (climat...).

Des matériels variés, souvent construits en (très) petites séries

- Tracteurs
- Préparation du sol et semis
- Fertilisation organique et minérale
- Protection des cultures
- Récolte grains, fourrages, plantes en terre
- Transport et Manutention
- Equipements d'élevage
- Equipements pour la vigne et les vergers
- Equipements de création et entretien des espaces verts
- Machines forestières

Produits

- ✓ Tracteurs
- ✓ Outils portés/tractés et animés par le tracteur (semoirs, pulvérisateur, épandeur...)
- ✓ Machines automotrices (moissonneuse batteuse ...)

La machine la plus fréquente est la combinaison d'un tracteur et d'un outil, de marques différentes.

L'industrie des agroéquipements

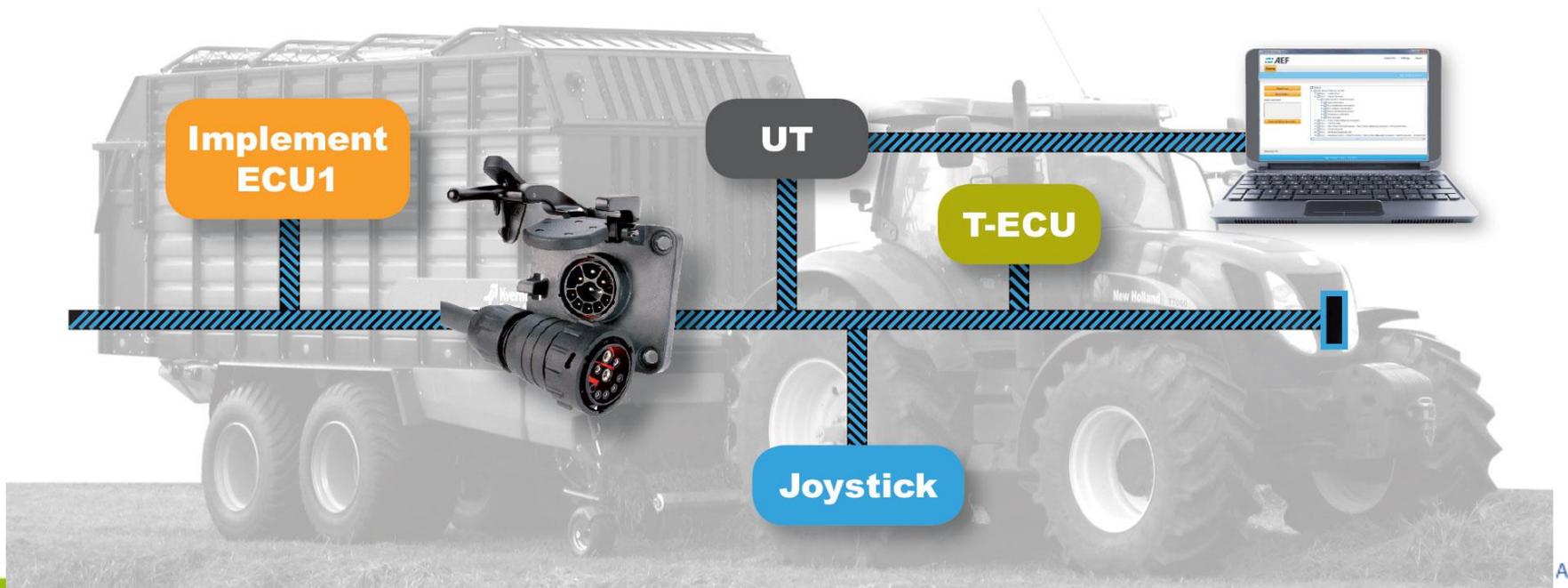
L'installation d'ISOBUS

Une roadmap vers l'électrification des tracteurs et machines agricoles

Machines autonomes: retours d'expériences et perspectives

Une norme de communication ISO 11783 -1 à 14 réseau de commande et de communication « **ISOBUS** »

- **Commandes y/c contrôleur de tâches**
- Echange de données entre organes/machines
- Echanges de données avec FMIS (format ISO XML)
- **Interface homme machine (terminal universel)**
- Diagnostic.....



Développements au sein de AEF

Au sein de l'AEF (**A**gricultural industry **E**lectronics **F**oundation)

Les industriels travaillent à la mise en œuvre de la norme au moyens de deux familles d'outils:

- les **guidelines** pour le développement de produits et logiciels ISOBUS (documents d'interprétation)
- les **test de conformité** et l'alimentation d'une base de données d'équipement conformes et donc compatibles entre eux

Ils imaginent de nouveaux développements connexes en matière de technologies électronique et électriques

Deux « PlugFest » chaque année (une en Europe, une aux USA)



AEF informations

<http://www.aef-online.org/fr>

Une base de données de matériels compatibles ouverte en 2015 De nouveaux tests rendus disponibles en 2016

Base de données des produits certifiés <https://www.aef-isobus-database.org>
Il aura fallu 15 ans pour en arriver là

Contrôleur de tâches avec géolocalisation	TC GEO
Logiciels de gestion	FMIS
Gestion tracteur-outil	TIM (actions de l'outil sur le tracteur)
Commande d'arrêt	ISB

KEREVAL: un centre de compétence développé à l'initiative d' AXEMA

- ✓ Pour assurer les formations (base, commerciale, technique)
- ✓ Pour aider les entreprises à développer et qualifier les produits
- ✓ Pour tester et certifier les produits

KEREVAL est désormais accrédité pour les tests AEF
au côté des centres allemands (2) italien (1) et US (1)

KEREVAL

4, rue Hélène Boucher, Z.A. Bellevue
35235 Thorigné Fouillard
<http://www.kereval.com>

De nouvelles fonctionnalités en développement

- ✓ ISOBUS haut débit
- ✓ Communication sans fil inter-machines (au champs)
- ✓ Connection électrique tracteurs machines:
150 KW max, 480 V/AC -700 V/DC

L'industrie des agroéquipements

L'installation d'ISOBUS

Une roadmap vers l'électrification des tracteurs et machines agricoles

Machines autonomes: retours d'expériences et perspectives

Notre objet

- ✓ Tracteurs
- ✓ Outils portés/tractés et animés par le tracteur (semoirs, pulvérisateur, épandeur...)
- ✓ Machines automotrices (moissonneuse batteuse ...)

La machine la plus fréquente est la combinaison d'un tracteur et d'un outil, de marques différentes.





Fonctionnement

- ✓ Charge(s) constante(s)
- ✓ Ralenti/attente (remplissage...)
- ✓ Besoin ponctuel de surpuissance (hétérogénéité sol, récolte, profil route...)
- ✓ Pas de phase permettant une récupération d'énergie (sauf rares exceptions)
- ✓ Autonomie 8h requise

Objet / 2

- ✓ Le secteur ne développe généralement que ce qu'il ne trouve pas sur étagère (transmission tracteurs, techniques de process).
- ✓ Il ne va pas concevoir de batteries ni de pile à combustible spécifique: la substitution du moteur diesel comme source primaire de puissance n'est donc pas à l'ordre du jour de nos travaux.
- ✓ Par contre la distribution de la puissance du moteur du tracteur vers la machine et à l'intérieur de la machine vers chacun de ses outils est un sujet d'études pertinent.



Etude AXEMA Cetim Tech2Market

- ✓ Initiée par la commission machinisme agricole du Cetim
- ✓ Pilotée par Tech2Market et un groupe d'entreprises

Une étude de l'état de l'art (2012)

L'établissement d'un scénario partagé/roadmap (2013)

Les apports de l'électrification

Au niveau fonctionnel

- Simplification de la transmission de puissance
- Maintenance facilitée
- Absence de fuites
- Flexibilité, pilotage étendu et aisé, amélioration des rendements possible
- Régulation, surveillance et modulation : « L'électrique peut faire office de capteurs et on peut récupérer des données»: par exemple mesure de la puissance consommée
- Amélioration du confort

Au niveau économique

- Réduction de la section des câbles électrique si tension élevée
- Réduction des temps et coûts de montage

Vision d'ensemble des fonctions et puissances associées par typologie d'engin

Outils	Fonctions de service	Fonctions techniques				Plages de puissances
		Description	Primaire	Secondaire	Complémentaire	
Pulvérisateur	Pulvériser un liquide sur les plantations	Mettre le circuit sous pression	X			5 < ... < 20 kW
		Replier l'outil			X	0 < ... < 5 kW
Epandeur (porté)	Epandre de l'engrais	Doser		X		1 < ... < 5 kW
		Ejecter	X			5 < ... < 20 kW
Epandeur (tracté)	Epandre de l'engrais et du lisier	Extraire (malaxer)	X			5 < ... < 10 kW
		Doser		X		5 < ... < 10 kW
		Répartir/éjecter	X			8 < ... < 25 kW
		Déplier/replier l'outil			X	0 < ... < 5 kW
Presse à balles rondes	Ramasser et presser le fourrage avant de ficeler la balle	Entrainer le rotor de ramassage	X			5 < ... < 20 kW
		Entrainer le tapis de pressage	X			5 < ... < 20 kW
		Ajuster le diamètre de la balle et comprimer la balle		X		0 < ... < 5 kW
		Ficeler la balle		X		0 < ... < 5 kW
		Libérer la balle		X		0 < ... < 5 kW
Presse à balles carrées	Ramasser et presser le fourrage avant de ficeler la balle	Entrainer le rotor de ramassage	X			35 < ... < 140 kW
		Entrainer la chambre de pressage	X			15 < ... < 70 kW
		Ficeler la balle		X		5 < ... < 30 kW

Scénarios selon trois périodes

- ✓ 2013 - 2020
- ✓ 2020-2030
- ✓ Au-delà de 2030

Impact des facteurs d'influence sur la période 2013 – 2020

Facteur d'influence	Poids sur la période	Hypothèses à considérer (étapes, jalons et évènements à venir, technologies)	Conséquences sur l'électrification
L'environnement économique	 moyen	<ul style="list-style-type: none"> Baisse du prix des composants électriques, facteur clef pour le développement de l'électrification 	<ul style="list-style-type: none"> Développement et intégration des composants et systèmes électriques dans les futurs choix des industriels
Les besoins et attentes du marché	 faible	<ul style="list-style-type: none"> Accélération de l'intégration des connexions Isobus Augmentation des besoins en automatisation et en agriculture de précision, sources d'électrification 	<ul style="list-style-type: none"> Prise de conscience progressive de l'intérêt par le marché et réticence des utilisateurs diminuée
Stratégie et positionnement des acteurs	 élevé	<ul style="list-style-type: none"> Développement R&D importants pour les tractoristes, ayant déjà une offre « outils » ou ayant noué des partenariats avec des constructeurs d'outils Forte dépendance des offres tractoristes pour les fabricants d'outils 	<ul style="list-style-type: none"> Une plus grande maîtrise de l'électrification via les futurs projets de développements Collaboration avec des fournisseurs d'équipements électriques et des centres de R&D Avantage pour les tractoristes ayant une offre « outils » et les constructeurs d'outils partenaires
Aspects technologiques	 élevé	<ul style="list-style-type: none"> Confrontation et résolution des problématiques (« points durs ») et choix des architectures à définir Transferts de technologies d'autres secteurs 	<ul style="list-style-type: none"> Choix des architectures Dépôts de brevets
Normalisation	 élevé	<ul style="list-style-type: none"> Définition de normes (ISO, caractéristiques clefs, connectique et câblage) et réglementation sécuritaire 	<ul style="list-style-type: none"> Facteur amplificateur pour le développement et l'industrialisation effective de l'électrification
Disponibilité des savoir-faire et compétences	 Faible à moyen	<ul style="list-style-type: none"> Lancement et/ou renforcement du processus de partenariats de R&D dès 2013 Recrutements à prévoir si l'activité R&D est significative 	<ul style="list-style-type: none"> Développement des premières fonctions électrifiées

Légende :



Impact élevé



Impact moyen

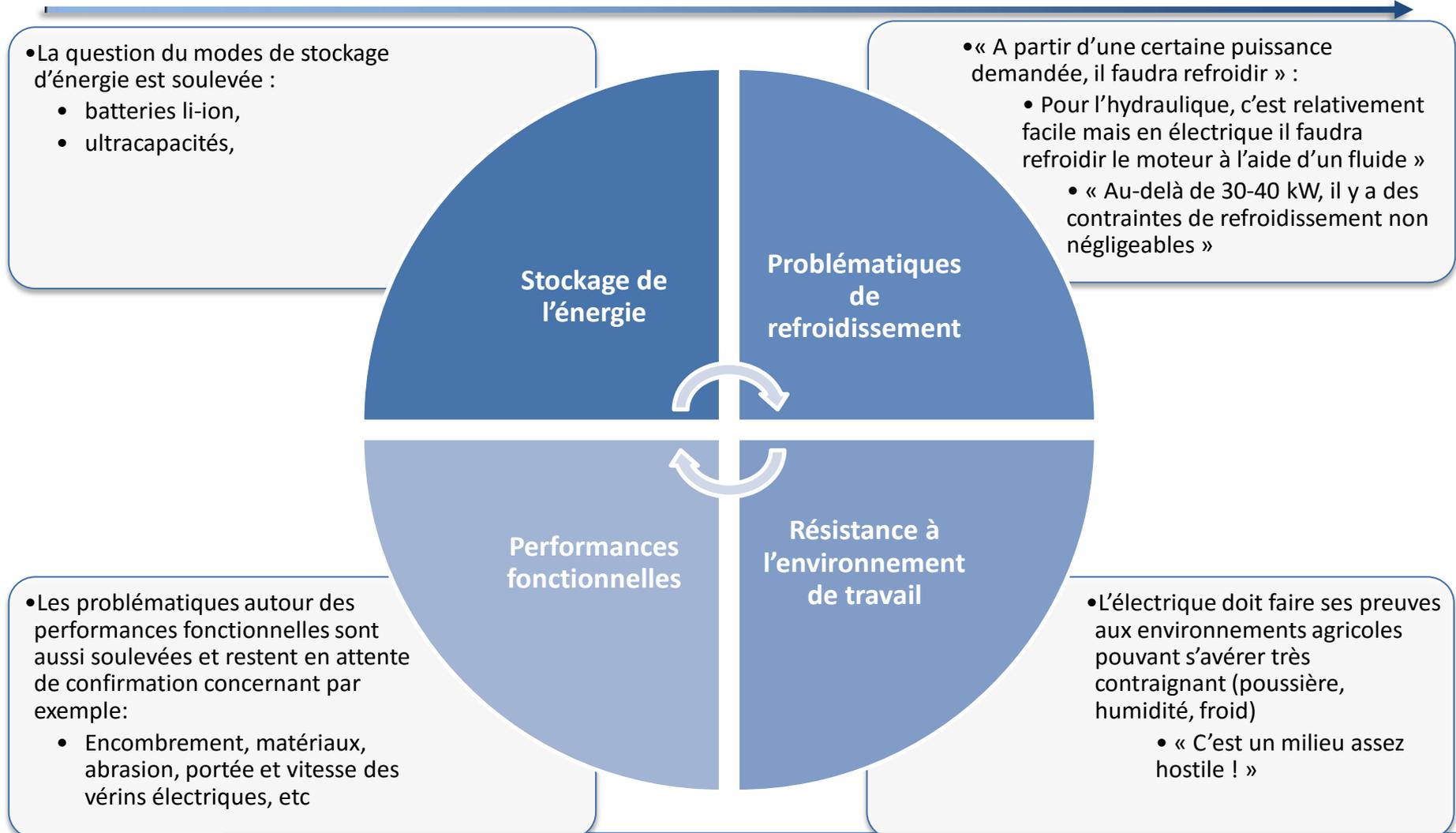


Impact faible



Impact très faible

Rappel des problématiques technologiques (cf. Analyse des facteurs d'influence dans les détails des travaux réalisés / Facteur 4 : Aspects technologiques)



Période 2013 -2020

- ✓ Pas de développement majeur
- ✓ Solutions d'électrification < 5 kW (tracteur ou génératrices sur machines)
- ✓ Consolidation des normes: préparation (AEF) et adoption (ISO)

publication ISO 16230-1 (sécurité) acquise en 2015

dossier AEF connectique sera transmis à l'ISO en 2016
(150 kW, 480v AC / 700v DC)

Impact des facteurs d'influence sur la période 2020 – 2030

Facteur d'influence	Poids sur la période	Hypothèses à considérer (étapes, jalons et évènements à venir, technologies)	Conséquences sur l'électrification
L'environnement économique	 moyen	<ul style="list-style-type: none"> Renouvellement du parc suite à l'apparition des premiers outils électrifiés Accélération de la baisse du prix des composants électriques 	<ul style="list-style-type: none"> Renouvellement du parc par des matériels électriques Commercialisation des génératrices externes et des composants et systèmes électriques pour les fonctions de moyennes et fortes puissances
Les besoins et attentes du marché	 moyen/élevé	<ul style="list-style-type: none"> Ouverture du marché Généralisation de l'Isobus 	<ul style="list-style-type: none"> Demande accrue pour l'électrification
Stratégie et positionnement des acteurs	 élevé	<ul style="list-style-type: none"> Stabilisation des développements R&D des tractoristes et de leurs partenaires et lancement de la politique commerciale de gamme Accélération des efforts de R&D pour les fabricants d'outil 	<ul style="list-style-type: none"> Développement, renforcement et commercialisation d'une offre complète tracteurs/outils tractés (en complément des matériels non électriques)
Aspects technologiques	 moyen	<ul style="list-style-type: none"> « Points durs » levés et choix des architectures réalisés 	<ul style="list-style-type: none"> Génératrice privilégiée Démocratisation des composants
Normalisation	 faible	<ul style="list-style-type: none"> Principales normes établies 	<ul style="list-style-type: none"> « Standardisation » des composants et entraînements électriques
Disponibilité des savoir-faire et compétences	 élevé	<ul style="list-style-type: none"> Lancement des recrutements 	<ul style="list-style-type: none"> Offre compétitive d'outils

Légende :  Impact élevé  Impact moyen  Impact faible  Impact très faible

Période 2020 -2030

- ✓ Le marché devient propice à la commercialisation de solutions électriques (ISOBUS, précision...)
- ✓ Les tractoristes ont réalisés des efforts de développement conséquents pour fournir des puissances élevées: architecture revue avec génératrice interne
- ✓ Côté machines les problématiques technologiques ont trouvé leurs réponses
- ✓ Les besoins se segmentent en gammes de puissance (classes électriques idem catégories PTO?)

Période 2020 -2030 gérer la transition

- ✓ Les fabricants de machines montent en compétences internes et renforcent leurs offres en cours de période
- ✓ Mais les renouvellements tracteurs et machines ne sont pas simultanés:
 - ✓ La prise électrique s'ajoute aux connectiques PTO et hydraulique qui subsistent
 - ✓ Pour alimenter les nouvelles machines électriques la génératrice externe est une étape qui semble incontournable

Au-delà de 2030

- ✓ Plusieurs facteurs difficiles à appréhender
 - Contexte technico économique / offre PAC
 - Coût de l'énergie
 - Restructurations industrielles

- ✓ On peut imaginer
 - Des tracteurs muni d'une prise électrique uniquement
 - Disparition de l'hydraulique sur petites et moyennes puissances
 - Disparition de la PTO, associée à des accidents mais de bon rendement
 - Reconception de machines « autour du moteur électrique »

**2013 – 2020 :
Préparation et maîtrise de
l'électrification**

- Besoin résolu pour des faibles puissances
- Apparition des premières normes suite notamment aux résultats des travaux de l'AEF (ISO, connectique, câblage, caractéristiques de l'énergie disponible pour l'extérieur du tracteur)
- Choix des architectures et solutions technologiques pour les fortes puissances

**2020 – 2030 :
Période de transition -
complémentarité avec les
technologies
traditionnelles**

- Commercialisation des génératrices externes et des premières offres électriques tracteur/outil tracté avec un renforcement de l'offre électrique des outils tractés en cours de période
- Apparition des premières prises électriques en complément des connexions traditionnelles

**Au-delà 2030 :
Généralisation de
l'électrification**

- Substitution partielle voire totale de l'hydraulique par l'électrique sur les petites et moyennes puissances
- Offre PAC à évaluer pour décider de l'apparition potentielle de premières offres de matériels munis uniquement de prises électriques avec possible abandon de la PTO

Roadmap de l'électrification

2013 – 2020 :

- Dépôts de brevets et forts développements par les tractoristes et leurs partenaires
- Choix des architectures pour les fortes puissances par les tractoristes

Courant 2020-2025 :

- Principales normes établies
- Commercialisation des génératrices externes et des premières offres complètes tracteurs/outils en électrique
- Forts développements par les constructeurs d'outils

D'ici 2030:

- Généralisation potentielle des matériels électriques

Période 2013 – 2020
Préparation et maîtrise de l'électrification

Période 2020 – 2030
Période de transition - complémentarité avec les technologies traditionnelles

Au-delà de 2030
Généralisation de l'électrification

2013 - 2015 :

- Conclusion de partenariats R&D
- Veille techno.

2016 - 2018 :

- Premières normes sur l'électrification apportées

Autour de 2020 :

- Ouverture du marché
- Recrutements par les constructeurs d'outils

Courant 2025-2030 :

- Renforcement des offres globales tracteurs / outils avec de nouveaux outils en électrique

Au-delà de 2030 :

- Intérêt de l'offre PAC évalué
- Substitution partielle voire totale de l'hydraulique par l'électrique sur les petites et moyennes puissances

L'industrie des agroéquipements

L'installation d'ISOBUS

Une roadmap vers l'électrification des tracteurs et machines agricoles

Machines autonomes: retours d'expériences et perspectives

« Robots » et substitution de main d'œuvre

- ✓ Dans les systèmes de production industriels les robots sont plus coûteux que la part de MO qu'ils remplacent
- ✓ Ils s'imposent par des apports supplémentaires dont le principal est la régularité qui augmente la maîtrise de la qualité, souvent dans un contexte de travail pénible (ex soudage, peinture)
- ✓ Ils peuvent aussi travailler plus vite, plus longtemps,
- ✓ Et effectuer des tâches dangereuses, pénibles, astreignantes

Dans le contexte agricole/1

- ✓ Chacun pense au robot de traite
- ✓ Qui représente environ une installation nouvelle sur deux depuis quelques années
- ✓ Il lève une très forte astreinte (hors grands troupeaux avec salariés)
- ✓ Son développement est concomitant à celui de services associés autour de la gestion sanitaire des animaux en particulier
- ✓ Son exemple entraine le développement des robots d'alimentation

Dans le contexte agricole/2

- ✓ Et pour les machines mobiles?
- ✓ La qualité est souvent déjà bien assurée par des automatismes, le challenge est plutôt de faire aussi bien avec un conducteur à distance?
- ✓ La machine (partiellement) autonome va augmenter la capacité du travailleur (à ce titre on verra plutôt des associations de grosses machines que de petites...), mais quoi de plus?

Dans le contexte agricole/3

- ✓ La pénibilité a beaucoup diminué
- ✓ Il subsiste des tâches potentiellement dangereuses notamment en viticulture et arboriculture (travail en pente , pulvérisation arboricole) mais les marchés sont étroits et peu réceptifs

✓ La question de l'énergie reste un sujet:

Pour travailler plus on travaille plus vite car on ne peut/veut pas travailler plus large (gabarit routier, investissement) et les consommations/ha ne cessent d'augmenter

En associant plusieurs machines à un même conducteur, serait il intéressant de travailler plus mais aussi moins vite et plus large pour consommer moins?

Conclusions

- ✓ Les évolutions technologiques en matières de réseau de communication normalisé et de transmissions électriques de nature à faciliter la prise de contrôle à distance voire l'autonomie des machines agricoles mobiles sont avérées
- ✓ Les « bénéfiques clients » potentiels restent à identifier pour orienter les futurs développements

et restera à conduire ces machines de la ferme aux champs!



Merci de votre attention