



El uso de las tecnologías de precisión : recursos y limitaciones en el trabajo agrícola

Fabienne Goutille, Marion Albert, Julie Fredj, Johanna Pannetier, Alain Garrigou, Adelaide Nascimento, Caroline Jolly

► To cite this version:

Fabienne Goutille, Marion Albert, Julie Fredj, Johanna Pannetier, Alain Garrigou, et al.. El uso de las tecnologías de precisión : recursos y limitaciones en el trabajo agrícola. Laboreal, 2023, 19 (1), <10.4000/laboreal.20356>. <hal-04219372v2>

HAL Id: hal-04219372

<https://hal.science/hal-04219372v2>

Submitted on 16 Oct 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC 4.0 - Attribution - Non-commercial use - International License



Laboreal

Vol.19 Nº1 | 2023

**A atividade de trabalho no cerne dos novos desafios
sociotécnicos da natureza e do ambiente**

O uso de tecnologias de precisão : recursos e limitações no trabalho agrícola

El uso de las tecnologías de precisión : recursos y limitaciones en el trabajo agrícola

Le recours aux technologies de précision : ressources et contraintes dans le travail agricole

The use of precision technologies : resources and constraints in agricultural work

Fabienne Goutille, Marion Albert, Julie Fredj, Johanna Pannetier, Alain Garrigou, Adelaide Nascimento e Caroline Jolly

Tradutor: Sophie Dubois



Edição electrónica

URL: <https://journals.openedition.org/laboreal/20356>

DOI: 10.4000/laboreal.20356

ISSN: 1646-5237

Editora

Universidade do Porto

Refêrencia eletrónica

Fabienne Goutille, Marion Albert, Julie Fredj, Johanna Pannetier, Alain Garrigou, Adelaide Nascimento e Caroline Jolly, «O uso de tecnologias de precisão : recursos e limitações no trabalho agrícola», *Laboreal* [Online], Vol.19 Nº1 | 2023, posto online no dia 13 julho 2023, consultado o 15 julho 2023.

URL: <http://journals.openedition.org/laboreal/20356> ; DOI: <https://doi.org/10.4000/laboreal.20356>

Este documento foi criado de forma automática no dia 15 julho 2023.



Creative Commons - Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional - CC BY-NC 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

O uso de tecnologias de precisão : recursos e limitações no trabalho agrícola

El uso de las tecnologías de precisión : recursos y limitaciones en el trabajo agrícola

Le recours aux technologies de précision : ressources et contraintes dans le travail agricole

The use of precision technologies : resources and constraints in agricultural work

Fabienne Goutille, Marion Albert, Julie Fredj, Johanna Pannetier, Alain Garrigou, Adelaide Nascimento e Caroline Jolly

Tradução : Sophie Dubois

NOTA DO EDITOR

Manuscrito recebido em : 19.12.2022

Aceite após peritagem : 06.04.2023

Sophie Dubois (sophie-dubois@hancock-hutton.com)

1. Introducción

- 1 La agricultura de precisión va camino de convertirse en una industria en sí misma. Las empresas emergentes (*start-up*), las empresas fitosanitarias, los fabricantes de maquinaria agrícola y las operadoras de telecomunicaciones proponen innovaciones en los distintos sectores de la agricultura, desde la producción a la distribución, pasando por las semillas. La fusión entre maquinaria y tecnología digital (robótica, herramientas de apoyo a la toma de decisiones, satélites, macrodatos, sondas conectadas, etc.) se

presenta como una solución muy prometedora para el futuro de la agricultura y se está extendiendo en las organizaciones de trabajo (Kamilaris et al., 2017 ; King, 2017 ; Sparrow & Howard, 2020).

- 2 La agricultura de precisión promete mejorar el uso eficiente de los recursos, la productividad, la calidad, la rentabilidad y la sostenibilidad de la producción agrícola (International Society of Precision Agriculture, 2021). Esta predicción de futuro para la agricultura, que surgió en la década de los 90, ya ha hecho correr muchos ríos de tinta.
- 3 La “agricultura de precisión » se denomina así porque, con las herramientas más modernas, sería posible realizar la intervención adecuada, en el lugar adecuado, en el momento adecuado, respondiendo a las necesidades específicas de cada cultivo y de cada zona de campo, con un alto nivel de precisión. Numerosos estudios científicos y alegatos sindicales y asociativos señalan el carácter sinuoso de un sistema de producción agrícola que se está volviendo dependiente de las tecnologías de precisión. Bellon Murel et al. (2022) recuerdan, en particular, la pérdida del vínculo material con la naturaleza, debido al aumento de las interfaces digitales y al *lock-in* tecnológico, lo cual excluye, al mismo tiempo, a las pequeñas explotaciones y otorga el monopolio a los fabricantes.
- 4 Aprovechamos la oportunidad que nos brinda la revista *Laboreal* en este número dedicado a “la actividad en el centro de las cuestiones sociotécnicas » para debatir colectivamente sobre las tecnologías de precisión que intervienen en la labor agrícola. Las cuestiones relacionadas con el desarrollo de estas tecnologías en las actividades laborales de los agricultores y los ergónomos que les acompañan, constituyen el núcleo de nuestra propuesta.
- 5 En este artículo queremos responder a varias preguntas : ¿Con qué argumentos se introducen las tecnologías de precisión en las organizaciones de trabajo ? ¿Cómo el uso de estas tecnologías puede generar recursos o limitaciones ? ¿Qué dificultades encuentran y qué estrategias desarrollan los trabajadores para apropiarse de estas tecnologías de precisión ? ¿Qué repercusiones socioeconómicas ven los profesionales de la agricultura en estas innovaciones en términos de empresa y de salud humana ? ¿Cómo pueden las tecnologías de precisión – presentadas como innovadoras desde el punto de vista medioambiental– constituir un recurso para los agricultores o, por el contrario, privarles de su relación con la naturaleza y el medio ambiente al ejercer su actividad ?
- 6 Este artículo nos brinda la oportunidad de ceder la palabra a los profesionales de la agricultura sobre su uso y apropiación de las tecnologías de precisión durante la siembra (Fredj, 2021), el ordeño (Deneubourg, 2022) y la pulverización (Albert, 2022). Las reflexiones colectivas propuestas, que combinan investigaciones y prácticas, se han elaborado en base a nuestro interés común por la salud laboral en la agricultura. Los casos presentados nos permiten proseguir el debate sobre el interés de realizar análisis de actividades a distintos niveles, con el fin de apoyar a los agricultores en las decisiones que tienen por delante (Albert, 2022 ; Goutille & Garrigou, 2021a, 2021b ; Jolly, 2022).

2. Análisis de los usos de las tecnologías de precisión en la agricultura

- 7 Los tres casos presentados en este artículo ponen de manifiesto las limitaciones y los recursos de la agricultura de precisión desde el punto de vista de la actividad laboral. Se han elaborado a partir de los resultados de diversas investigaciones-intervenciones realizadas en materia de ergonomía. Los resultados se basan en el análisis en vídeo de la actividad, a veces asociado a una metrología específica (cámaras internas, oculómetros, pulsómetros, toma de muestras de las superficies), entrevistas semidirigidas y entrevistas de autoconfrontación con distintos soportes desarrollados junto con los actores implicados. Los métodos también incluyen talleres que respetan las “precauciones metodológicas de investigación», para que los participantes puedan debatir sobre un “objeto de interés» (Baribeau & Germain, 2010) a partir de registros de la actividad (crónica, cartografía, fichas técnicas, etc.).

2.1. Caso n. 1 : Actividad de siembra

- 8 Este primer caso se basa en un proyecto llevado a cabo con productores de maíz, en colaboración con las cajas de la Mutualidad Social Agrícola de Francia (Fredj, 2021). En el 2021 se realizaron ocho jornadas de observación y siete entrevistas en tres zonas geográficas francesas : las Landas, Charente y Charente Marítimo. Estas observaciones permitieron analizar la actividad de siembra realizada con tecnologías de precisión.
- 9 La actividad de siembra es más compleja que la simple plantación de semillas. Los agricultores siembran, pero también tienen que : preparar el terreno, ajustar su maquinaria, ajustar las tecnologías de precisión, limpiar y realizar controles. La preparación de la tierra es un paso esencial en el que buscan obtener el mejor rendimiento posible garantizando su sostenibilidad. Dedican tiempo a ello y cada uno tiene su propia forma de hacerlo. Algunos favorecen la preparación con maquinaria agrícola, mientras que otros utilizan animales, minerales orgánicos o incluso productos químicos. En todos los casos, los agricultores se preguntan, informan y forman sobre las distintas formas de hacer las cosas. Además de llenar las máquinas y plantar las semillas, tienen que hacer ajustes a través de las interfaces de las tabletas, integradas y extraíbles, situadas en la cabina del tractor. Mediante sensores, conectan el tractor, la sembradora y la tolva (Figura 1).

Figura 1 : Tractor com sembradora, fotografia : Fred



Figura 1: Tractor con sembradora, © fotografia: Fredj

Figura 1 : Tractor com sembradora, fotografia : Fred

- 10 Debido a la amplia gama de marcas, el sistema técnico difiere de una explotación o máquina a otra. Se trata de opciones, diseñadas independientemente unas de otras, que los agricultores deben manejar conjuntamente. En general, en el interior de las cabinas se encuentra un conjunto de pantallas e instrumentos de control (Figura 2) :
- La tableta con pantalla del tractor : proporciona información, en tiempo real, sobre el tractor y permite el autoguiado, que consiste en conducir del punto A al punto B sin sujetar el volante.
 - La tableta de siembra : se utiliza para controlar la información procedente de la sembradora, gracias a los sensores colocados en cada componente de la sembradora. La tableta también se utiliza para ajustar los parámetros de la sembradora (por ejemplo, la densidad) y realizar pruebas de eficacia. Si hay algún problema, la tableta emite un pitido y muestra un mensaje de alerta. No sólo avisa al agricultor si hay un problema, sino que también especifica la naturaleza del mismo. Por ejemplo, “ salida 4 bloqueada »... El agricultor no tiene que buscar dónde debe ir y sabe directamente cómo corregir el error. Cabe señalar que las tabletas más antiguas o las de otras marcas no ofrecen una gestión de errores tan avanzada y eficaz.
 - El controlador de abono : permite conocer la cantidad de abono que hay en la tolva.
 - El contador de hectáreas : hace el recuento de las hectáreas en las que el agricultor ha trabajado.

Figura 2 : Sistema técnico instalado en la cabina de uno de los tractores observados, Fotografía : Fred



Figura 2 : Sistema técnico instalado en la cabina de uno de los tractores observados, Fotografía : Fred

- 11 Los agricultores con los que nos reunimos coinciden en las ventajas de estas tecnologías de precisión : “ es muy cómodo trabajar con ellas », “ es una revolución », “ es mágico », “ es realmente genial », “ una vez que las has probado : es difícil prescindir de ellas », “ el autoguiado lo cambia todo », “ quita tensión a la conducción ». Estas tecnologías tienen en cuenta algunas de las necesidades de los agricultores, sobre todo en materia de rendimiento. Cuando todo funciona, se ahorra una cantidad de tiempo “ revolucionaria ». Si los ajustes están bien hechos, antes de plantar las semillas, el sistema de a bordo les permite bajarse del tractor con menos frecuencia. Pueden controlar las operaciones a distancia, sin dejar de conducir. Las tecnologías de precisión les permiten comprobar los niveles de semillas y productos químicos, realizar modulaciones de dosis y efectuar cortes por sección (un sistema que corta elementos de la sembradora para evitar pasar dos veces por el mismo sitio).
- 12 La mayoría de los agricultores también utilizan el autoguiado (una popular opción de asistencia al conductor). Aunque previamente se requiere una laboriosa fase de configuración, el tractor puede conducirse automáticamente del punto A al punto B. Esto permite a los agricultores no sólo prestar más atención a los controles, sino también eliminar la fertilización cruzada y ahorrar así combustible, semillas, insecticidas y fertilizantes. Esta es la característica más utilizada y valorada.
- 13 Se pueden hacer pruebas con la bandeja de semillas (Figura 3), la cual indica si hay duplicados y carencias mediante sensores situados en los componentes de la sembradora. Puede detectar si caen dos semillas de la sembradora en lugar de una o si no hay ninguna. El error detectado por la tecnología de precisión permite al agricultor

mejorar la calidad de su trabajo y ganar productividad donde antes no podía intervenir. En este sentido, la agricultura de precisión ayuda a ajustar las labores.

Figura 3 : Prueba de paso de las semillas mediante la tableta conectada a la sembradora,
Fotografía : Fred



Figura 3: Prueba de paso de las semillas mediante la tableta conectada a la sembradora, © fotografía: Fredj

Figura 3 : Prueba de paso de las semillas mediante la tableta conectada a la sembradora, Fotografía : Fred

- 14 Sin embargo, se observaron dificultades al utilizar la tableta de siembra. Se ilustrarán a través de tres ejemplos.
- 15 En el primer ejemplo, un agricultor menciona la diferencia entre su programación y el resultado de la siembra. Había programado dejar “ 1,20m de espacio entre cada hilera », y se encontró con un espaciado irregular entre las hileras de aproximadamente un metro. Esta situación le llevó a detener la operación para examinar el sistema. Tras preguntarse por la causa (GPS, ajustes, alineación de la sembradora), decidió comprobar el centrado de la sembradora arrastrándose por debajo de la máquina. Este tipo de situación observada en el campo no sólo conlleva un riesgo de aplastamiento, sino también una posible exposición a los residuos de pesticidas que quedan en el equipo (Figura 3). En efecto, los componentes de la sembradora contienen semillas recubiertas de pesticidas. Finalmente, al no poder resolver el problema por sí mismo, el agricultor se puso en contacto con el distribuidor, quien le sugirió que “ introdujera en el GPS las líneas de referencia correctas », es decir, la línea registrada por el conductor en el GPS durante su primera pasada. En términos más generales, esta situación demuestra la falta de autosuficiencia de los agricultores a la hora de gestionar las dificultades de uso.

Figura 4 : Comprobación del centrado de la sembradora. Fotografía : Fred



Figura 4: Comprobación del centrado de la sembradora, © fotografía: Fredj

Figura 4 : Comprobación del centrado de la sembradora. Fotografía : Fred

- 16 En un segundo caso, la bandeja de semillas indicó mediante un mensaje, acompañado de un pitido, que uno de los componentes de la sembradora está vacío. Este mensaje de advertencia no es muy preciso y no permite al agricultor localizar la causa del problema : ¿se trata de una bolsa de aire ? ¿Es la cadena ? ¿Una acumulación de semillas ? Mientras el agricultor se pregunta de qué se trata, el pitido cesa. La tableta de semillas parece haber transmitido una información errónea. Este mensaje de error interrumpe la actividad del agricultor al tiempo que pone en duda la fiabilidad de esta tecnología de precisión.
- 17 En el tercer ejemplo, justo cuando el agricultor empezaba a sembrar, los componentes de la sembradora se bloquearon automáticamente, deteniendo la siembra. En la pantalla de la tableta aparece el icono de un candado que impide introducir información. El agricultor debe entonces consultar el manual en papel de la tableta, que contiene “ demasiadas páginas » para buscar eficazmente la información deseada. Para hacer más accesibles las tecnologías de precisión, los distribuidores están desarrollando procedimientos simplificados. Así pues, el apoyo de los distribuidores parece esencial para facilitar el uso de las tecnologías de precisión.
- 18 Pese a que la actividad de siembra puede describirse como una actividad variada y dinámica (en cuanto a los riesgos climáticos, las tecnologías, la duración de la acción del tiempo, etc.), en la que la tierra y los sentidos del agricultor son lo más importante, las tecnologías utilizadas en el transcurso de esta actividad les hacen a veces perder pie :
 - El sistema técnico es un sistema rígido, complejo y poco intuitivo que dificulta la gestión de imprevistos : la no detección de determinados errores, la falta de precisión cuando se detecta un error o la emisión de falsos errores. Los agricultores señalan que no siempre

resulta útil : “ ¡Tendrán que hacerlo más divertido o más fácil porque realmente hay que aplicarse a fondo para entender cómo funcionan ! » “ ¡Hay que tener mucha paciencia ! ».

- Las tecnologías ofertadas evolucionan constantemente y obligan a los agricultores a estar en continua adaptación y sin la formación adecuada. Algunos insisten : “ si te ponen delante la última tecnología GPS, serás incapaz de utilizarla o solo podrás usar un 5 % de su potencial ». Esto implica una infrautilización del sistema técnico (cortes por sección, modulación de dosis, giros en U) y caídas imprevistas del rendimiento. Además, los agricultores se encuentran a veces perdidos ante una información a la que no saben cómo responder.
 - Algunas tecnologías ofrecen opciones más desarrolladas. Por ejemplo, la medición de la conductividad del suelo o la determinación del potencial eléctrico del suelo. También permiten una mayor variabilidad gracias a diferentes estrategias de plantación de semillas en función de las parcelas, y en una misma e única parcela. Sin embargo, muy pocos agricultores utilizan estas funciones por falta de tiempo y de formación. La formación en estas tecnologías requiere integrar situaciones prácticas en sus módulos, que ofrezcan a los agricultores tiempo para la asimilación, la reflexión y la práctica, permitiéndoles experimentar esa nueva complejidad.
- 19 Los agricultores toman sus decisiones basándose en lo que ven, sienten y tocan cuando están en contacto con la tierra : “ la tierra es nuestra herramienta de trabajo ». Para saber cómo, a qué velocidad y cuándo sembrar, analizan su color, su aspecto, su temperatura, así como su potencial : “ aquí la tierra es un poco más dura, así que reduzco la velocidad », “ hay que plantar la semilla cuando refresca », “ la tierra debe estar a cierta temperatura para sembrar ». El trabajo de los agricultores gira en torno a la tierra, que es su futuro : “ El objetivo es que el día que se la deje a mi hijo, este disponga de una herramienta de trabajo adecuada (la tierra). Porque esta es nuestra herramienta de trabajo. No es el tractor que está encima de ella [...] es la base. » Los agricultores con los que nos entrevistamos subrayaron así la necesidad de preservar un conocimiento más profundo de la tierra que el que ofrece la tecnología de precisión.

2.2. Caso 2 : Actividad de ordeño

- 20 Este segundo caso se basa en una investigación llevada a cabo con ganaderos de la región francófona llamada Valonia, en el sur de Bélgica (Deneubourg, 2022). Se realizaron entrevistas semidirigidas a quince ganaderos dedicados a la producción de leche (8 que usaban robots de ordeño, 5 que no los querían y 2 que los habían desinstalado) y a dos proveedores.
- 21 En los últimos años, ha habido un fuerte aumento en la instalación de robots de ordeño en Bélgica, pasando de 138 robots (en el 2018) a 260 (en el 2020), casi el doble en dos años [1]. En todo el país, el 10 % de los productores de leche utilizan ahora un robot de ordeño (Legein *et al.*, 2018). Solo en la provincia de Valonia, un tercio de las explotaciones ganaderas se han pasado al ordeño robotizado. Paralelamente a este aumento, se ha observado un número creciente de averías y desinstalaciones, tanto en Bélgica como en Francia, país vecino que concentra el 19 % de las instalaciones mundiales con un total de 5180 robots en el 2014 (Federación Internacional de Robótica) [2]. En el 2020, el 5 % de los ganaderos equipados con robots volvieron al ordeño tradicional. Aunque más estudiados en Francia, los factores de desinstalación no han sido hasta ahora objeto de estudios en profundidad en Bélgica. Por lo tanto, resultaría interesante conocer los factores de éxito y de fracaso de la instalación e

invertir en la utilización de robots de ordeño para prevenir y quizás anticipar los problemas que puedan surgir más adelante.

- 22 El ordeño en sala requiere la presencia del ganadero durante todo el proceso. El ganadero limpia previamente los pezones de la vaca. Después ordeña a mano para comprobar la calidad de la leche y ver si hay heridas en el pezón. Una vez finalizada la comprobación, coloca las pezoneras (o garras) en la vaca, que succionarán automáticamente la leche hasta que la vaca no tenga más leche (Figura 5). El ordeño se realiza, en la mayoría de los casos, dos veces al día (por la mañana y por la noche) y dura una media de 1 a 1,5 horas, incluida la limpieza de las dependencias. Este sistema representa la mayoría de los métodos de ordeño actuales.

Figura 5 : Un ganadero conecta las garras de una vaca (sala de ordeño rotativa con intervención del ganadero durante todo lo proceso de ordeño). Fotografía : Pannetier



Figura 5: Un ganadero conecta las garras a una vaca (sala de ordeño rotativa con intervención del ganadero durante todo el proceso de ordeño). © fotografía: Pannetier

Figura 5 : Un ganadero conecta las garras de una vaca (sala de ordeño rotativa con intervención del ganadero durante todo lo proceso de ordeño). Fotografía : Pannetier

- 23 El robot de ordeño forma parte de lo que se conoce como ganadería de precisión (Legein *et al.*, 2018), es decir, la aplicación de tecnologías que permiten la medición de indicadores (fisiológicos, de comportamiento, reproducción, etc.) en los animales con el fin de mejorar la gestión de la productividad del ganado. A este tipo de tecnología pertenece el robot de ordeño. Permite reducir las operaciones del ganadero al liberarle de ciertas tareas como el ordeño o la alimentación, por ejemplo. El robot de ordeño es una máquina automática compuesta por una unidad de ordeño y un dispensador automático de concentrados que permiten ordeñar a las vacas sin intervención directa del ganadero (Figura 6).

Figura 6 : Vaca siendo ordeñada por un robot de ordeño y otra esperando. Fotografía : Pannetier



Figura 6: Vaca siendo ordeñada por un robot de ordeño y otra esperando, © fotografía: Pannetier

Figura 6 : Vaca siendo ordeñada por un robot de ordeño y otra esperando. Fotografía : Pannetier

- 24 El precio actual de un robot varía según las opciones elegidas, es decir, entre 120000 y 170000 euros sin IVA. Los dos proveedores con los que nos entrevistamos destacan las ganancias en flexibilidad, bienestar (animal y humano) y calidad de la leche. Uno de ellos también hizo hincapié en la sostenibilidad y la innovación para permitir una evolución constante del sector agrícola. El otro mencionó la accesibilidad del robot y la rentabilidad. Según los proveedores entrevistados, las motivaciones para la instalación citadas por los clientes son la flexibilidad de horarios, la falta de mano de obra cualificada, el bienestar de los animales, la optimización de las características del ganado para mejorar la productividad y la necesidad de asistencia debido al envejecimiento de los padres en el caso de las ganaderías familiares. El apoyo prestado depende del contrato del cliente. Las dos empresas ofrecen además cursos de formación de unas pocas horas, pero su contenido no parece estar adaptado a las necesidades de los ganaderos.

“ Sí, tenemos formaciones breves, pero el problema es que cada ganadería es diferente, cada ganadero trabaja de forma diferente y nuestra forma de trabajar no tiene por qué ser la mejor para el vecino. Cada cual tiene su propia manera de ver las cosas. Así que sí, contamos con un apoyo global, pero después es el ganadero el que tiene que afinar ».

- 25 La principal ventaja que perciben los ganaderos con el ordeño robotizado es la flexibilidad de horarios y organización que ofrece. La robotización va de la mano de su deseo de recuperar la vida familiar o de desarrollar otras actividades profesionales.

“ No supone ningún problema para las vacas, porque van y vienen cuando quieren, por lo que nuestros horarios son flexibles y resulta cómodo para las vacas. No nos lo habíamos planteado, pero nos ha proporcionado una gran comodidad a nuestra vida familiar. Tenemos niños pequeños y nunca podíamos ir a las fiestas escolares ya que

- era la hora del ordeño. Lo mismo ocurría con las reuniones de padres. Así que hemos podido hacer todo esto por primera vez e incluso irnos de vacaciones ».
- 26 Además de sus horarios, también modifican los horarios de las vacas. De hecho, en las granjas que disponen de pasto, las vacas pueden salir a pasear y entrar cuando quieran para ser ordeñadas, a diferencia del ordeño manual, que requiere que el ganadero vaya a buscarlas. Esta libertad y comodidad permite que la vaca esté mucho menos estresada y parece repercutir en la calidad y cantidad de leche extraída.
- “ Hemos comprobado que los beneficios y el bienestar de las vacas son excepcionales. Se levantan, entran ellas mismas en el robot, salen a pastar y entran cuando quieren comer ».
- “ De hecho, cuando llegan no se sienten molestas porque no te ven como alguien que va a molestarlas. Antes, cuando teníamos que ordeñar a las vacas, teníamos que gritar un poco, dar palmas para que se movieran. Era un poco más estresante para ellas. Pero ahora sólo vas a la vaca que lo necesita. Las demás vienen y te lamen, y ese momento me parece aún más agradable que antes en el ordeño ».
- 27 Asimismo, respecto al ahorro de tiempo, todos los ganaderos entrevistados expresaron la tensión física y mental del ordeño y el deseo de liberarse de ella. Este desgaste físico es consecuencia de los movimientos repetitivos y de los gestos y posturas necesarias para el ordeño manual, mañana y tarde. Es importante señalar que todas las explotaciones llevaban ordeñando al menos 5 años antes de la instalación de los robots.
- “ Físicamente era difícil, así que yo lo prefiero ».
- “ Sí, los hombros. Tengo un hermano que ordeñaba en la sala de ordeño y pronto dejará de hacerlo. Es 17 meses mayor que yo y tiene epicondilitis en ambos brazos ».
- 28 En este contexto, el robot entra en juego como un recurso no humano que puede complementar al ganadero. La estructura modernizada parece más atractiva y el trabajo, aparentemente menos arduo, puede hacer que las generaciones futuras quieran hacerse cargo de la explotación.
- “ Siempre hemos pensado en trabajar solos. Por ejemplo, un brazo roto, sabes cómo hacer el trabajo (...). El robot es nuestra mano de obra, es como contratar a alguien para ordeñar ».
- “ El robot es caro, pero contratar a alguien también supone un coste ».
- 29 Tres de los participantes hablaron del futuro traspaso de sus explotaciones a sus hijos cuando se jubilen. Querían que sus instalaciones fueran modernas y atractivas para que las nuevas generaciones siguieran trabajando en la explotación y continuaran con el legado familiar. Además, uno de ellos expresó el hecho de que a los jóvenes en la agricultura se les “ califica ” en función de su formación, experiencia y competencias (calificación según la Política Agrícola Común). En función del número de puntos, obtienen ayudas económicas. Fueron estos ingresos los que le influyeron para instalar un robot.
- “ Si han estudiado agronomía, son otros tantos puntos. Si no hay más de tres cultivos en la rotación, son otros tantos puntos. Louis ha hecho prácticas, ha estado en EE.UU... Tiene casi el máximo de puntos. Si cambiábamos el robot, recibía un 33,5 % de ayudas, así que lo hicimos ».
- 30 Los ganaderos destacaron las repercusiones en la organización de su trabajo tras la instalación del robot de ordeño, sobre todo en lo que respecta al tratamiento y al desnatado de la leche, y la combinación, a veces difícil, del pastoreo y el robot. Otros mencionaron también la incompatibilidad del robot con las características de su explotación, dada la proporción necesaria de vacas por robot. En efecto, un robot de ordeño puede admitir unas 70 vacas. Por lo tanto, es difícil para los ganaderos que

tienen más o menos este número instalar un robot de ordeño. Esto les obliga a aumentar el número de vacas o a comprar dos robots, lo que no siempre es posible.

“Tengo 100 vacas que ordeñamos en 2x10, si quiero poner un robot tengo que poner dos y aumentar el tamaño de mi rebaño, si no, no es posible ».

“Desde el punto de vista económico, la sala de ordeño cuesta unos 65 000 euros, edificio incluido. Un robot, en cambio, cuesta unos 100 000 euros para 70 vacas y sólo te permite ordeñar 70, mientras que en mi sala de ordeño si quiero ordeñar entre 90 y 100 vacas puedo hacerlo ».

- 31 El precio del robot, el acondicionamiento de la instalación, así como los costes de consumo y mantenimiento, son las principales dificultades que los ganaderos comentan sistemáticamente en relación con la robotización del ordeño.

“Las vacas producen más, pero sigue costando más que una sala de ordeño. Al fin y al cabo, una sala de ordeño también vale 120 000 euros. La producción extra que se obtiene con el robot, porque se ordeñan dos veces y media, permite cubrir los costes de mantenimiento. Aun así, son unos 1000 euros al mes si contamos los productos de mantenimiento y todo. Nosotros optamos por un contrato en el que todo está incluido. Si se estropea la pantalla táctil del robot, me la cambian, pero vale 3000 euros. La cámara hay que cambiarla, creo que ya hemos cambiado el cristal de la cámara 2 o 3 veces. No sé cuánto cuesta, pero barato no es ».

“No suele haber averías, pero siempre hay que estar ahí. Basta que se ensucie el láser para que el robot no vea nada, entre en avería y suene una alarma ».

- 32 Todos los ganaderos entrevistados mencionaron una mayor implicación cognitiva con el ordeño robotizado, especialmente durante los primeros meses o incluso años de uso del robot. Esto se debe a la cantidad de datos importantes y diversos que proporcionan los sensores del robot, pero también a las alarmas. La mayoría de los participantes (6 de 8) se quejaron sobre todo de las alarmas por la noche.

“Nos bombardean con datos. A veces es muy complicado. (...) Una mala gestión del robot o una mala interpretación de los datos puede ser estresante. Afortunadamente, no es nuestro caso ».

- 33 Así, a diferencia de las vacas, que consiguen adaptarse en pocos días gracias a las características específicas del robot (por ejemplo, la forma de los pies), los ganaderos necesitan un tiempo medio de adaptación de 7 meses tras la instalación del robot.

- 34 Además, los ganaderos mencionan un cambio en la relación con las vacas.

“Con el robot las conocemos menos. No conoces a la que nunca tiene problemas. Conoces a la que te molesta. Antes, en el ordeño, conocíamos a todas nuestras vacas ».

- 35 Se pierde la relación de cercanía con la vaca. Ya que ahora la actividad consiste sobre todo en vigilar. Se relacionan únicamente con las vacas cuando hay problemas de salud, por ejemplo. Así que para aquellos ganaderos que tienen una relación cercana con su ganado, esto puede trastocar el sentido de su trabajo.

2.3. Caso n. 3 : Actividad de pulverización

- 36 Este tercer caso se basa en una tesis destinada a comprender mejor las situaciones de exposición a los pesticidas cuando se usan pulverizadores en la viticultura (Albert, 2022). Los resultados presentados se obtuvieron en una explotación de Burdeos, en la que el equipo agrícola utilizado para administrar los pesticidas resulta prometedor para la agricultura de precisión.

- 37 El pulverizador (Figura 7) va equipado con el dispositivo electrónico ISOBUS, que simplifica la comunicación entre la cabina y el equipo de pulverización gracias a varios mecanismos automáticos. Gracias a la señal GPS, la máquina puede, por ejemplo, empezar a pulverizar automáticamente en cuanto entra en una hilera de viñas.

Figura 7 : Pulverizador para explotaciones vitivinícolas. Fotografía : Goutille



Figura 7 : Pulverizador para explotaciones vitivinícolas. Fotografía : Goutille

- 38 Durante la aplicación de productos fitofarmacéuticos en las hileras de viñas, la incorporación de estos mecanismos automáticos modifica la actividad del operador del tractor, en comparación con otros pulverizadores con un nivel de automatización inferior. En efecto, la cartografía de las parcelas, la apertura y el cierre automáticos del pulverizador, el ajuste automático de la altura de las barras, etc., permiten al operador del tractor reducir sus labores de control y ajuste durante la conducción. Si bien estos primeros resultados subrayan la utilidad de las tecnologías de precisión para facilitar la aplicación de los productos mientras se conduce el pulverizador, otros resultados ponen de manifiesto dificultades tanto desde el punto de vista del trabajo y salud del agricultor como de la protección del medio ambiente.
- 39 Las primeras dificultades se refieren a los requisitos de formación para el uso de las distintas tecnologías integradas. Si ya se ha argumentado que los agricultores carecen de la formación necesaria para utilizar y ajustar sus equipos (Faverdin et al., 2020), las tecnologías propuestas pueden exigir un nivel de comprensión y asimilación difícil de alcanzar.

“ Alguien que sinceramente no tenga olfato para la tecnología [...], se ha puesto de moda [...], estamos ante la agricultura 2.0. [...] hay personas que poco a poco integran la tecnología, pero también hay muchas personas que están en contacto con la tierra, etc., y que no dominan su móvil o su portátil, así que estos sistemas no son aptos para todo el mundo, no son aptos para todos los públicos ».

“ No me considero un tonto, pero hay que meterse de lleno. [...] siempre hay imprevistos y mandos que desconoces y que interfieren con otros controles que te gustaría manejar, pero resulta complicado ».

- 40 Las dificultades a las que se enfrentan los agricultores también guardan relación con la falta de fiabilidad de los equipos.

“ Se supone que esto es de lo mejor, pero ya ves que seguimos teniendo muchos problemas ».

“ De hecho, todos los años tenemos fallos, lo que significa que la fiabilidad de los equipos... a pesar de que hay un rendimiento real [...] no hay una fiabilidad a lo largo de toda la campaña. Y, eso, es un verdadero problema ».

- 41 Por ejemplo, durante la conducción, debido a la falta de fiabilidad de la información mostrada en la pantalla de la cabina, el agricultor tuvo que aplicar una estrategia para garantizar el guiado del pulverizador. No sólo se fijaba en el monitor, sino también en las huellas de los neumáticos (Figura 8).

Figura 8 : Comprobación del posicionamiento del pulverizador en la hilera mirando las huellas de los neumáticos (posición de la retina materializada por el punto azul y obtenida gracias a un oculómetro). Fotografía : Albert



Figura 8: Comprobación del posicionamiento del pulverizador en la hilera mirando las huellas de los neumáticos (posición de la retina materializada por el punto azul y obtenida gracias a un oculómetro), © fotografía: Albert

Figura 8 : Comprobación del posicionamiento del pulverizador en la hilera mirando las huellas de los neumáticos (posición de la retina materializada por el punto azul y obtenida gracias a un oculómetro). Fotografía : Albert

“ Ahí, como ves, estoy comprobando si no estaba demasiado cerca del agujero. Y aquí, de hecho, intento posicionarme. La verdad es que puedo ver el recorrido por donde he pasado en el monitor, pero por culpa de la falta de fiabilidad, a veces me guío por las huellas de los neumáticos. [...] y así es como termino por no mirar el monitor ».

- 42 Antes de poner en marcha la aplicación, el conductor del tractor se queda a veces bloqueado durante unas decenas de minutos esperando a que el GPS capte la posición del pulverizador. Esta dificultad se agrava durante la pulverización, porque los operadores de los tractores dependen mucho de las condiciones meteorológicas.

Mientras que el ahorro de tiempo es una búsqueda constante de compromiso, estos incidentes pueden provocar pérdidas de tiempo considerables.

- 43 También la protección del medio ambiente puede verse afectada por la falta de fiabilidad de las tecnologías de precisión ofrecidas. Por ejemplo, pueden producirse desviaciones métricas entre el pulverizador y el GPS al abrir y cerrar automáticamente el pulverizador. Si el porcentaje de error es de un metro, no se tratan los extremos de las hileras de viñas. Y, a la inversa, los caminos entre las parcelas reciben pesticidas.

“Entre la observación por satélite que está vinculada al dispositivo GPS y la información cartográfica que tenemos en el tractor, existen discrepancias... [...] tendemos a esperar un metro, metro y medio antes de que la pulverización sea efectiva, lo que significa que todos los extremos de las hileras en determinados lugares no se tratan y se ven mucho más afectados por enfermedades, y en cambio, trataremos los caminos entre las parcelas porque en lugar de cortarse a la salida de la parcela, seguirá pulverizando antes de volver ».

- 44 Además del impacto sobre el medio ambiente y de la pérdida de tiempo, estas dificultades también pueden entrañar situaciones de exposición a los pesticidas. Aunque las tecnologías son cada vez más numerosas, las intervenciones en los equipos también son cada vez más frecuentes debido a averías e incidentes. Cuando se producen, pueden obligar al agricultor a actuar en el pulverizador, a veces incluso durante la pulverización (Figuras 9 y 10).

Figura 9 : Intervención en el equipo para comprobar el estado del sensor GPS. Fotografía : Albert



Figura 9: Intervención en el equipo para comprobar el estado del sensor GPS, © fotografía: Albert

Figura 9 : Intervención en el equipo para comprobar el estado del sensor GPS. Fotografía : Albert

Figura 10 : Intervención en el equipo para retirar el sensor GPS. Fotografía : Albert



Figura 10: Intervención en el equipo para retirar el sensor GPS, © fotografía: Albert

Figura 10 : Intervención en el equipo para retirar el sensor GPS. Fotografía : Albert

- 45 Las diferentes intervenciones conducen a situaciones de exposición a los pesticidas, debido a los numerosos contactos que el operador del tractor tendrá con el equipo en el que se habrá producido una acumulación de pesticidas que persiste de una pulverización a otra. Varios estudios demuestran que los residuos de productos presentes en los equipos no sólo afectan a los productos utilizados el mismo día, sino también a los utilizados en pulverizaciones anteriores (Albert, 2022 ; Goutille, 2022).
- 46 Aunque las tecnologías destinadas a lograr la denominada “ agricultura de precisión » ofrecen oportunidades para focalizar la aplicación de productos fitosanitarios en la planta, generan muchas dificultades de uso. Debido a su diseño, a la falta de fiabilidad o a la falta de formación, estas tecnologías pueden tener repercusiones a diferentes niveles, como la salud de los agricultores y la protección del medio ambiente. Sin embargo, a la hora de comprar un pulverizador, los agricultores asesorados por actores diversos (fabricantes en ferias, asesores agrícolas, distribuidores, etc.) se enfrentan a argumentos de venta que hacen hincapié en la fiabilidad del equipo y se basan principalmente en criterios económicos y medioambientales (reducción y aplicación precisa de los productos).

3. Debate sobre el uso de las tecnologías de precisión en la agricultura

3.1. Entre recursos y limitaciones

- 47 Los tres estudios de casos de investigación-intervención realizados en materia de ergonomía ilustran la forma en que los agricultores se apropian de las tecnologías de precisión y las limitaciones que encuentran en su utilización. Las observaciones de campo recabadas, centradas en las actividades agrícolas, muestran cómo estas se ven

abocadas a la transición para llegar a ser sostenibles. La inversión en innovaciones tecnológicas implica que estas coexistan con un enfoque de desarrollo sostenible. Este enfoque, que pretende reducir la contaminación y el consumo de recursos (agua, combustible, productos fitofarmacéuticos y fertilizantes), está provocando cambios profundos en las labores de ordeño, siembra y fumigación.

- 48 En el primer caso, la labor de siembra muestra cómo las tecnologías de precisión pueden servir de ayuda para el desarrollo de la actividad al tiempo que exigen a los agricultores adaptaciones considerables. Entre el trabajo sobre el terreno, desde la cabina del tractor y por pantalla, los agricultores con los que nos reunimos expresaron sus opiniones sobre los usos funcionales y “disfuncionales» que hacen de las tecnologías de precisión. Los ejemplos tomados sobre el terreno ilustran la forma en que las tecnologías de precisión, tal y como se conciben actualmente, pueden transformar la actividad laboral, tanto de forma individual como colectiva. Este caso también cuestiona el lugar de estas tecnologías en la relación que los agricultores mantienen con la tierra.
- 49 En el segundo caso vemos cómo la introducción del robot de ordeño ha modificado la organización del trabajo. El cambio más llamativo es la relativa flexibilidad horaria que se obtiene al desaparecer la obligación de “ordeñar». Sin embargo, esta automatización no aporta ninguna ganancia particular de tiempo o financiera al ganadero. Han aparecido otras tareas (turnos de guardia relacionados con la consulta de datos, la prevención animal o el mantenimiento de la máquina) y la actividad se ha transformado con la mediación del robot en el vínculo humano-animal.
- 50 El tercer estudio de caso relaciona la actividad de pulverización con los factores determinantes de la exposición a los pesticidas de los viticultores. Muestra cómo las tecnologías de precisión, a menudo introducidas y comercializadas sobre la base de argumentos económicos y medioambientales, pueden revelar dificultades de uso y mantenimiento y dar lugar a nuevas situaciones de exposición a los pesticidas.
- 51 En estos tres casos, la actividad laboral se transforma y se recompone con nuevas tecnologías de precisión que presentan ventajas e inconvenientes de uso.
- 52 Las tecnologías de precisión propuestas al mundo agrario destacan por su capacidad para responder a las necesidades en materia de recursos técnicos y humanos. Cuanto más integradas están en las explotaciones más pueden suplir la falta de mano de obra y liberar a los agricultores de diversas tareas y cargas físicas. Sobre todo, son un recurso para los que están en actividad cuando toman el relevo sin necesidad de un trabajo decente. Al aliviar parte de la carga, permiten a los agricultores, que se han convertido en sus compañeros de equipo, tomarse tiempo libre y asumir otras responsabilidades. También dan un aspecto más prestigioso y atractivo a la actividad agrícola. Un aspecto moderno que puede hacer que los agricultores quieran hacerse cargo de la explotación o piensen que van a tener quien se la quede.
- 53 A pesar de las ventajas que las tecnologías de precisión pueden ofrecer, la observación del trabajo real nos permite comprender que la introducción de tecnologías de precisión también puede añadir limitaciones físicas a la realización del trabajo y suponer una carga mental para el agricultor, sobre todo cuando la “actividad suplida» no sale según lo previsto. En efecto, hemos podido identificar numerosas dificultades relacionadas con incidentes, peligros y averías, cuyos efectos se notan a distintos niveles (salud del agricultor, salud de la explotación, medio ambiente, salud animal,

etc.). La identificación de estas dificultades pone en tela de juicio la capacidad y la congruencia de las tecnologías de precisión para responder a las necesidades reales de los agricultores. Si bien el uso de estas tecnologías se prescribe a menudo en el marco de condiciones de trabajo nominales (que no integran la variabilidad y los riesgos), la observación y el conocimiento del trabajo real demuestran el carácter utópico de estas condiciones. En efecto, estas condiciones son con frecuencia peores en el transcurso de la actividad de los agricultores, lo que les lleva a poner en práctica numerosas estrategias para hacerles frente. Se encuentran trepando por encima de las máquinas, arrastrándose por debajo de los equipos, esperando a que las tecnologías de precisión respondan o, por el contrario, teniendo que intervenir por la noche para ponerlas de nuevo en marcha. Estos compromisos, caros en términos de salud (Guérin et al., 2006) y que reflejan una falta de equilibrio entre los criterios de producción y los sanitarios (Albert et al., próxima publicación), ponen de manifiesto la inventiva y la creatividad que despliegan los agricultores para hacer frente a las dificultades que encuentran.

- 54 Las tecnologías de precisión tienen en su esencia y origen de funcionamiento la necesidad de cuantificar y controlar los seres vivos. Inscritas en la agricultura industrial, sus funciones consisten en cuantificar, memorizar o calcular para optimizar el rendimiento programado. Buscando aumentar el rendimiento o evaluando lo que tiene éxito o no, este tipo de tecnología incide insidiosamente en la dimensión de rendimiento de las actividades agrícolas observadas. Su diseño y sus modos de funcionamiento (poco instintivos), orientados sobre todo a cumplir objetivos de eficacia, nos parecen tener poco en cuenta “ el espesor del trabajo » de los agricultores (Béguin et al., 2011). El trabajo, tal y como se realiza, es suplantado por una lógica de cálculo y programación que lo racionaliza. La estandarización provocada por los cálculos de rendimiento invisibiliza una parte del trabajo real, en particular, en lo que se refiere al compromiso del cuerpo y del yo necesario para las fases de coactividad y mantenimiento de las máquinas.
- 55 Se llega al paroxismo de una concepción “ tecnocéntrica » (Béguin & Rabardel, 2000), es decir, orientada principalmente hacia la técnica, cuando las tecnologías diseñadas llegan a interponerse entre el agricultor y el ser vivo. En nuestra opinión, es necesario cuestionar el desfase entre el trabajo con organismos vivos y el trabajo con pantallas que impone la introducción de estas tecnologías de precisión. El trabajo de la tierra, el trabajo con animales y el trabajo con plantas requieren una fuerte movilización de los sentidos. El trabajo con pantallas, por el contrario, conduce a una gestión a distancia de la actividad que se centra especialmente en la dimensión cognitiva del ser humano en el trabajo.
- 56 En definitiva, las tecnologías de precisión son poco autónomas. En este contexto, se asigna al agricultor el papel de operador de fiabilidad (De Terssac & Chabaud, 1990) : vigilar el buen funcionamiento de los robots y las tecnologías de precisión, detectar las averías y comprenderlas. Para ser capaz de detectar los errores en sistemas complejos (ibíd.), se ve obligado a comprometer su cuerpo y su responsabilidad. Trabajar con tecnologías de precisión implica el desarrollo de nuevas actividades de supervisión. La actividad del agricultor adquiere una nueva dimensión. El agricultor, relegado al papel de supervisor del trabajo, debe confiar, y con paciencia, en la máquina que ahora lleva a cabo parte de su trabajo. Pero, ¿cómo puede saber si estas tecnologías —desconectadas funcionalmente— del mundo vivo son de fiar ? ¿Qué nivel de confianza puede depositar en estas entidades no humanas ? ¿Qué criterios puede tener en cuenta para observar el

trabajo bien hecho cuando coopera con inteligencias artificiales ? Observamos un fuerte deseo por parte de los agricultores entrevistados de “ arreglárselas » con estas tecnologías y de “ hacerlo mejor » con ellas. Lo intentan, insisten, preguntan, llaman, se cuestionan, se adaptan. Observamos estrategias de uso y catacresis que llevan a los agricultores a desviarse de los usos previstos (Albert, 2022).

- 57 Las tecnologías de precisión, al sustituir al trabajo humano, lo deshumanizan y exigen un rediseño de la actividad colectiva (Caroly, 2010). El agricultor puede encontrarse solo ante los peligros que se presentan en las situaciones de trabajo. El colectivo con el que podría reflexionar o resolver el problema se basa en la interacción hombre/máquina, que a menudo carece de respuesta. Sólo le queda recurrir a proveedores, ingenieros o asesores para que intervengan como “ salvadores » o “ conocedores », invitando a los trabajadores a formarse mejor. En efecto, frente a equipos cada vez más sofisticados (Faverdin et al., 2020), los agricultores se ven obligados a articular equipos que en realidad no fueron concebidos para trabajar juntos y no siempre son capaces de resolver las averías por sí mismos (Goutille & Garrigou, 2021b).
- 58 La forma en que se conciben e imponen las tecnologías de precisión, tanto en su diseño como en su comercialización, reduce las posibilidades de que surjan tecnologías alternativas. Puede conducir a una desapropiación técnica del agricultor, que reduce su autonomía y lo hace dependiente del exterior (Jarrige, 2016). Los agricultores que tienen que depender de técnicos, especialistas o ingenieros, que acompañan y promueven estas tecnologías de precisión, renuncian a su soberanía tecnológica. Esta desapropiación técnica, unida a un riesgo de sobrecarga cognitiva, puede conducir a una pérdida de sentido del trabajo, abriendo la puerta al sufrimiento psicológico.

3.2. Un fenómeno de socialización de las tecnologías

- 59 En el marco de un análisis más amplio (Bellemare et al., 2001), que tiene en cuenta el contexto de producción de las actividades observadas (Baudin, 2013), debemos considerar la socialización de las tecnologías de precisión. Teniendo en cuenta este nivel de análisis, nos parece que las tecnologías de precisión se imponen a los agricultores de varias maneras.
- 60 Con las tecnologías de precisión, el trabajo agrícola parece desglosarse en un “ modelo de tres pantallas » (Mohammed-Brahim & Garrigou, 2009), que contribuye a la idea de un posible control de la actividad realizada :
- una pantalla normativa que instruye sobre los valores óptimos de producción ;
 - una pantalla material con prescripciones de uso, buenas prácticas y programas de formación destinados a desarrollar las competencias de los agricultores para que los niveles reales de producción alcancen los valores normativos ;
 - una pantalla normativa y social con políticas y subvenciones que permitan y fomenten la comercialización de las tecnologías de precisión o atestigüen su idoneidad para sostener las empresas y sus economías, preservando al mismo tiempo la seguridad medioambiental y sanitaria colectiva.
- 61 En primer lugar, las tecnologías que salen al mercado se convierten en la norma cuando se presentan pocas alternativas en la agricultura industrializada. Por ejemplo, todavía no existe una guía sobre la alternativa al robot de ordeño. Mientras que algunos agricultores, hombres y mujeres, se sienten especialmente atraídos por las tecnologías de precisión, orgullosos de estar a la vanguardia del progreso y dispuestos a

aprovecharlo, otros, más inclinados a una agricultura denominada campesina, podrían verse acompañados en la documentación de marcos agrícolas más alternativos. Consideremos, sin embargo, que uno también puede sentirse atraído por las tecnologías de precisión, tener gusto por la optimización de la producción y, una vez en el campo, volver a lo esencial de tocar la tierra, las plantas o los animales. La oscilación entre estas dos tendencias nos parece que debe tenerse en cuenta en la forma en que se organiza la agricultura y se piensa en su atractivo.

- 62 De hecho, las tecnologías de precisión se imponen cuando ya están incorporadas al comprar nuevas máquinas o renovarlas. Así pues, las negociaciones entre agricultores y proveedores se centran más en el coste de la máquina que en los criterios de trabajo que podrían tenerse en cuenta en el cambio tecnológico propuesto. Hay que señalar aquí que los fabricantes, en las ferias, en sus folletos o a través de asesores, tienen todo el interés en favorecer los argumentos orientados al rendimiento o a los beneficios económicos y de tiempo que se pueden generar. Sin embargo, concebidas e impuestas desde el exterior sobre la base de normas y criterios que permanecen descontextualizados del trabajo real y de la variabilidad de las situaciones de trabajo, las tecnologías de precisión observadas pueden provocar pérdidas de tiempo considerables, aunque el ahorro de tiempo sea una búsqueda constante de compromiso para los agricultores con los que trabajamos. Así pues, las limitaciones que pueden surgir durante el uso y los efectos sobre la salud derivados y a menudo indirectos (riesgo químico, trastornos musculoesqueléticos, riesgo psicosocial) están poco documentados. En consecuencia, estos elementos no pueden tenerse en cuenta en los criterios de elección de los agricultores. Así, a la hora de comprar, los agricultores se sienten atraídos por soluciones que responden directamente a los retos económicos y normativos de su actividad como, por ejemplo, la reducción de la zona de no tratamiento autorizada por la pulverización de precisión (Goutille & Garrigou, 2021a).
- 63 Por último, las tecnologías de precisión también son necesarias cuando ya no se puede prescindir de ellas. Aportan tanto que pueden hacer fácilmente dependientes a los agricultores o desposeerles de una parte de su actividad. Devolver la máquina costaría demasiado. Una vez introducida en la organización del trabajo, la máquina ha ocupado su lugar, un lugar que habría que recuperar. Además, la inversión en la máquina ha tenido un coste, el coste directo de la compra, pero también el coste del tiempo y los ajustes en términos de espacio, recursos y organización del trabajo. Parece imposible dar marcha atrás cuando se ha cambiado de sala de ordeño, cuando se ha tratado con nuevos proveedores o se han firmado nuevos pliegos de condiciones, cuando se han espaciado todos los viñedos para que pueda pasar la máquina o se ha cambiado el rebaño de vacas para que sus ubres se adapten a las exigencias del robot de ordeño. Aunque la introducción de la tecnología pueda afectar a la propia salud, a la de la tierra, a la de las plantas o a la de los animales, cuando uno ha invertido en una tecnología que le ha seducido, ¿qué margen de maniobra le queda para cuestionar y comunicar libremente su pertinencia o su fracaso ?
- 64 Todos estos puntos nos llevan a cuestionar con mayor precisión nuestras prácticas profesionales y a debatir el papel y el interés que el análisis de la actividad tiene en el acompañamiento del trabajo agrícola y en las cuestiones agrotecnológicas que lo rodean. En este contexto, para que el trabajo sea sostenible, nos parece necesario reforzar la dinámica entre los criterios de rendimiento económico y de seguridad y salud en el trabajo.

3.2. El valor del análisis de la actividad en la consideración de las perspectivas de transformación

- 65 En el marco de los enfoques instrumental (Rabardel, 1995) y evolutivo, el análisis de la actividad (Vézina, 2001) realizado con distintos métodos (por ejemplo, observaciones, entrevistas, mediciones) permite comprender las relaciones que mantienen las personas con las tecnologías que utilizan. La ergonomía puede identificar qué es un recurso o una limitación en el uso de las tecnologías y contribuir a su rediseño. La ergonomía también puede utilizarse para ayudar a la gente del campo a apropiarse de las tecnologías o a desarrollar otras nuevas en función de sus “preocupaciones» (Goutille, 2022).
- 66 El trabajo real de los agricultores y la atención prestada a las distintas dimensiones de su actividad nos parecen esenciales para hacerlos visibles dentro de modelos de producción que apoyen criterios de rendimiento más que de salud para diseñar tecnologías de precisión. Los estudios de casos pusieron de relieve la importancia que los agricultores conceden a los animales, las plantas, la tierra y su propia salud. Al contemplar el trabajo tal y como se hace, se imagina y se lleva a cabo, la ergonomía ofrece la posibilidad de pensar de forma diferente sobre el diseño de nuevas tecnologías alternativas, en las que el rendimiento esperado vaya más allá de los criterios económicos y medioambientales. Ofrece la posibilidad de contemplar de forma diferente los procesos de formación de los agricultores, proponiendo programas con una dimensión evolutiva (y no correctiva), que permitan un aprendizaje en el uso, basado en los sentidos y en el encuentro con los compañeros. También contribuye al desarrollo del poder de acción de los agricultores al ayudarles a producir información que puede serles útil en las opciones sociotécnicas de que disponen.
- 67 Enfocar el diseño desde el punto de vista de la tecnología es un enfoque denominado “tecnocéntrico» (Béguin & Rabardel, 2000). Este enfoque, aún dominante en el diseño actual, no permite captar la complejidad de las situaciones laborales y las estrategias puestas en marcha por las personas en el trabajo. Durante los procesos de diseño, el ser humano y su actividad ocupan una posición residual (ibíd.). En este contexto, las disfunciones y las variabilidades son muy a menudo subestimadas por los diseñadores (Daniellou & Béguin, 2004). Como han ilustrado los estudios de casos, las soluciones propuestas suelen presentar escollos en términos de salud y seguridad en el trabajo. Estos escollos pueden llevar a los agricultores a asumir riesgos (Albert, 2022) y a provocar una pérdida de autonomía (Goutille, 2022). Así, en el marco actual de las políticas agrícolas y medioambientales, los agricultores se encuentran como destinatarios de tecnologías poco eficaces para su salud, sin ninguna posibilidad real de participar en su diseño.
- 68 En la medida en que las tecnologías de precisión forman parte del modelo agrícola dominante en Europa, según la Política Agrícola Común, nos parece importante orientar el diseño de estas tecnologías desde el punto de vista del trabajo real. La articulación de los enfoques tecnocéntrico y antropocéntrico es, por tanto, una cuestión importante (Béguin & Rabardel, 2000). Al situar al ser humano y su actividad en el centro, el enfoque denominado “antropocéntrico» permite pensar de forma diferente el diseño de las nuevas tecnologías. Esto abre el campo al desarrollo de situaciones laborales más favorables para la salud, la seguridad y la eficacia en el

trabajo. El análisis de la actividad realizada para documentar la apropiación de las tecnologías de precisión se convierte entonces en esencial para pensar en el diseño de nuevas funciones que se integren, lo mejor posible, en las necesidades reales de los agricultores. Al articular los enfoques tecnocéntrico y antropocéntrico, el diseño puede entonces concebirse vinculando las necesidades técnicas a las necesidades humanas y apoyando sistemas de trabajo resilientes (Béguin & Rabardel, 2000 ; Rabardel, 1995).

- 69 Articular las necesidades técnicas y humanas (inherentes al trabajo) con las necesidades sociales (inherentes a la sociedad) exige de nuevo replantearse los modos de diseño. Las cuestiones políticas, sociales y económicas son dimensiones de la actividad laboral que deben considerarse necesariamente como “ elementos integrales de los lugares de trabajo », como elementos que tienen “ sentido para los actores » y son “ parte del sistema de trabajo » (Pueyo, 2020, p. 59). Así pues, querer “ cuidar el trabajo » (Béguin et al., 2011) hoy en día exige tener en cuenta las cuestiones sociales y técnicas que interactúan con la actividad laboral y las personas implicadas. Debido a estas diferentes problemáticas, la ergonomía tiene un papel que desempeñar en la integración del trabajo real y de las personas afectadas en los procesos de elección y toma de decisiones a diferentes niveles del diseño (Albert, 2022 ; Béguin, 2007 ; Daniellou, 2004 ; Goutille, 2022, Jolly, 2022). Esta integración debe favorecer la toma en consideración de la variabilidad de las situaciones, la diversidad de los actores, su inventiva, así como las situaciones de uso que permiten la puesta en marcha de modos de funcionamiento susceptibles de responder a las diferentes problemáticas detectadas por las personas que trabajan. Estas perspectivas son objeto de un proyecto de investigación actualmente en curso, el proyecto PulVERGO. Este proyecto pretende desarrollar una plataforma de simulación para mejorar el diseño de los pulverizadores. Basada en un entorno virtual, esta plataforma debería permitir a los diseñadores y a los agricultores anticipar lo antes posible las ventajas y los inconvenientes de las opciones de diseño, con el fin de prevenir las situaciones de exposición a los pesticidas.
- 70 Nuestro análisis de las actividades agrícolas, puesto en relación con el marco político de la transición agroecológica, nos lleva a proponer que la ergonomía puede colaborar tanto en el desarrollo de las tecnologías de precisión como al de otras formas de tecnologías, en particular, tecnologías más alternativas a las que dominan las políticas actuales de transición ecológica.
- 71 Dada la importancia que los agricultores conceden a los animales, a la tierra y a las plantas, el diseño y la socialización de las nuevas tecnologías en la agricultura, ya sean de precisión o no, también deben integrar cada una de estas dimensiones. En este contexto, el análisis de la actividad puede ayudar a garantizar que las tecnologías propuestas o desarrolladas con los agricultores integren lo que tiene sentido para ellos. Es el caso, por ejemplo, de un enfoque interdisciplinario entre ergonomía y etología, que permita tener en cuenta al animal como parte integrante de la situación laboral del agricultor (Beaujouan *et al.*, 2021). Por tanto, la ergonomía debe promover enfoques interdisciplinarios en los que puedan representarse estas diferentes dimensiones.

4. Conclusión

- 72 El enfoque del estudio de casos que hemos propuesto en este artículo pretende comprender cómo se produce un fenómeno cuando se ve influido por su contexto. En este contexto, la recopilación de distintos tipos de datos ha enriquecido la comprensión

de nuestro objeto de estudio en lo que respecta a las ventajas e inconvenientes de las actuales tecnologías de precisión. En efecto, hemos ilustrado, a partir de varios casos, la forma en que los profesionales de la agricultura se apropian de estas tecnologías de precisión para cuestionar el punto de vista de la salud de las personas que trabajan. Comparando el trabajo real y el discurso político orientado al despliegue de la agricultura de precisión, hemos podido cuestionar la autonomía de las personas que trabajan y subrayar el interés de que la ergonomía participe en el diseño de estas tecnologías para que actúen en la prevención.

- 73 Los estudios de casos debatidos entre ellos nos llevaron a cuestionar el contexto de producción de las actividades observadas. Los factores determinantes de la actividad laboral, situados más allá del ámbito de decisión de la empresa, se invirtieron para pensar de forma plural nuestras prácticas profesionales en materia de ergonomía. A través de un análisis del trabajo real que vincula las dimensiones microscópicas y macroscópicas de la actividad, pudimos volver a la necesidad de tener en cuenta el contexto para la práctica de la ergonomía (Baudin, 2013). Buscamos mostrar el potencial del análisis de la actividad laboral como recurso en la construcción de la salud y la autonomía de las personas que trabajan. Sin embargo, nos parece esencial seguir desarrollando las vías exploradas en este artículo para intervenir de forma multidisciplinar más allá de la escala de la empresa y actuar en pro de la prevención, invirtiendo en el nivel de los diseñadores y las instituciones estatales. A este nivel, las vastas y diversas cuestiones sociotécnicas asociadas a estos problemas merecen un análisis más profundo.
- 74 A través de nuestros diversos estudios realizados en el sector agrícola en los últimos años, hemos observado una desproporción entre las cuestiones de productividad que se esperan de la socialización de las nuevas tecnologías y la atención prestada a los efectos sobre la salud de los agricultores, que se reflejan en las realidades de uso. La ergonomía nos parece que puede contribuir a restablecer esta dinámica. Proponemos un análisis de la actividad que invierta en el contexto, próximo y lejano, de las situaciones de trabajo, permitiendo así aspirar a la sostenibilidad y durabilidad del trabajo. El análisis de la actividad podría contribuir, así, a cuidar del trabajo y de las personas que trabajan y a colaborar en el uso, el diseño y la socialización de las nuevas tecnologías. Nuestras observaciones sobre el terreno, enriquecidas por un enfoque socioconstructivo de la prevención, nos llevan a promover el desarrollo de un enfoque más antropológico y social del diseño, destinado a responder a las expectativas profundas de los usuarios y a su modo de vida. El análisis de la actividad en sentido amplio, que permite investigar la socialización de los objetos técnicos, en contextos dominantes y alternativos, nos parece necesario para acompañar a los agricultores en las decisiones que deben tomar en materia de nuevas tecnologías.

BIBLIOGRAFIA

- Albert, M. (2022). Comprendre les situations d'exposition aux pesticides lors de l'utilisation des pulvérisateurs. La conception et la réglementation comme chaîne de déterminants [Thèse de doctorat en Psychologie, Université de Bordeaux]. <https://theses.hal.science/tel-03869655/>
- Albert, M., Judon, N., Jolly, C., Goutille, F., Galey, L., Mohammed-Brahim, B., & Garrigou, A. (à paraître). La notion de marge de manoeuvre en ergotoxicologie : Un usage opérant vis-à-vis de l'activité de protection. In F. Coutarel (Ed.), *Ouvrage collectif sur la marge de manoeuvre*. Octarès Editions.
- Baribeau, C., & Germain, M. (2010). L'entretien de groupe : considérations théoriques et méthodologiques. *Recherches qualitatives*, 29(1), 28-49. <https://doi.org/10.7202/1085131ar>
- Baudin, C., (2013), De l'importance du contexte. Un regard d'anthropotechnologue sur la pratique de l'ergonomie. Acte du 48ème congrès international de la Société d'Ergonomie de Langue Française, Paris : 2013.
- Beaujouan, J., Cromer, D., & Boivin, X. (2021). Review : From human-animal relation practice research to the development of the livestock farmer's activity : An ergonomics-applied ethology interaction. *Animal*, 15(12), 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100395>
- Béguin, P. (2007). Prendre en compte l'activité de travail pour concevoir. *Activités*, 4(2). <https://doi.org/10.4000/activites.1719>
- Béguin, P., & Rabardel, P. (2000). Concevoir pour les activités instrumentées. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 14(1-2), 35-54.
- Béguin, P., Dedieu, B., & Sabourin, É. (2011). Introduction. In P. Béguin, B. Dedieu, & É. Sabourin (Eds.), *Le travail en agriculture : son organisation et ses valeurs face à l'innovation* (pp. 11-16). Éditions L'Harmattan.
- Bellemare, M., Montreuil, S., Marier, M., Prévost, J., & Allard, D. (2001). L'amélioration des situations de travail par l'ergonomie participative et la formation. *Relations Industrielles*, 56(3), 459-479. <https://doi.org/10.7202/000079ar>
- Bellon Maurel, V., Brossard, L., Garcia, F., Mitton, N., & Termier, A. (2022). Agriculture et numérique : Tirer le meilleur du numérique pour contribuer à la transition vers des agricultures et des systèmes alimentaires durables. INRA.
- Caroly, S. (2010). L'activité collective et la réélaboration des règles : des enjeux pour la santé au travail [Habilitation à diriger des recherches, Université Victor Segalen Bordeaux II].
- Daniellou, F. (2004). L'ergonomie dans la conduite de projets de conception de systèmes de travail. In P. Falzon (Eds.), *Ergonomie* (pp. 359-373). PUF.
- Daniellou, F., & Béguin, P. (2004). Méthodologie de l'action ergonomique : approches du travail réel. In P. Falzon (Eds.), *Ergonomie* (pp. 333-358). PUF.
- De Terssac, G., & Chabaud, C. (1990). Référentiel opératif commun et fiabilité. In J. Leplat, & G. De Terssac (Eds.), *Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes*. Octarès Editions.
- Deneubourg, R. (2022). Quelles sont les raisons pour lesquelles les éleveurs décident d'installer ou de désinstaller un robot de traite ? (Mémoire de Master 2 en psychologie du travail, des organisations et des diversités, Université de Mons).

- Faverdin, P., Reboud, X., Baret, F., Bertuzzi, P., Chanzy, A., Gandon, N., Garcia, F., Guatteo, R., Joannon, A., & Meyer, M. (2020). Quelle contribution des agroéquipements et du numérique à l'agroécologie ? In T. Caquet, C. Gascuel, & M. Tixier-Boichard (Eds.), *L'agroécologie : Des recherches pour la transition des filières et des territoires* (pp. 81-94). Quæ " Update Sciences & Technologies ».
- Fredj, J. (2021). Étude exploratoire de l'activité de semis des agriculteurs [Mémoire de Master en ergonomie, Université Lumière Lyon 2].
- Goutille, F. (2022). Ne plus ignorer les agriculteurs : une contribution de l'ergonomie à la prévention du risque pesticides en milieu viticole [Thèse de doctorat en ergonomie, Université de Bordeaux].
- Goutille, F., & Garrigou, A. (2021a). Traitements phytosanitaires en viticulture française et prévention du risque pesticides. Retour d'expérience d'une communauté élargie de recherche ayant mobilisé l'ergotoxicologie. *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*, 21(3). <https://doi.org/10.4000/vertigo.33981>
- Goutille, F., & Garrigou, A. (2021b). Articular atividade de trabalho e construção territorial da atividade para compreender e transformar o uso de produtos fitofarmacêuticos e dos seus protagonistas. *Laboreal*, 17(2). <https://doi.org/10.4000/laboreal.18237>
- Guérin, F., Laville, A., Daniellou, F., Duraffourg, J., & Kerguelen, A. (2006). Comprendre le travail pour le transformer : la pratique de l'ergonomie. ANACT.
- International Society of Precision Agriculture. (2021). Precision agriculture '21. 13th European Conference on Precision Agriculture, Budapest, Hungary. <https://doi.org/10.3920/978-90-8686-916-9>
- Jarrige, F. (2016). *Technocritiques. Du refus des machines à la contestation des technosciences. La découverte.*
- Jolly, C. (2022). Les pratiques professionnelles des propriétaires exploitants agricoles sont-elles des ressources pour limiter l'exposition cutanée aux pesticides ? [Thèse de doctorat, Université du Québec, Montréal].
- Kamilaris, A., Kartakoullis, A., & Prenafeta-Boldu, F. X. (2017). A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 23-37. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.09.037>
- King, A. (2017). Technology : The future of agriculture. *Nature*, 544(7651), S21-S23. <https://doi.org/10.1038/544S21a>
- Legein, L., Turlot, A., & Hostiou, N. (2018). Élevage de précision. Bilan d'éleveurs laitiers wallons. Wallonie Élevage.
- Mohammed-Brahim, B., & Garrigou, A. (2009). Une approche critique du modèle dominant de prévention du risque chimique : l'apport de l'ergotoxicologie. *Activités*, 6(1), 49-67. <https://doi.org/10.4000/activites.2086>
- Pueyo, V. (2020). Pour une Prospective du Travail. Les mutations et transitions du travail à hauteur d'Hommes [Habilitation à diriger des recherches, Université Lumière Lyon 2].
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies : approche cognitive des instruments contemporains.* Armand Colin.
- Sparrow, R., & Howard, M. (2020). Robots in agriculture : Prospects, impacts, ethics, and policy. *Precision Agriculture*, 22, 818-833. <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09757-9>

Vézina, N. (2001). La pratique de l'ergonomie face aux TMS : ouverture à l'interdisciplinarité. 36e congrès de la SELF : les transformations du travail, enjeux pour l'ergonomie, Mantes-la-Jolie, France (vol. 44-60). <https://ergonomie-self.org/document/la-pratique-de-lergonomie-face-aux-tms-ouverture-a-linterdisciplinarite/>

NOTAS

1. <https://laitetelevage.be/lagrandissement-des-exploitations-se-poursui/>
 2. <https://ifr.org/>
-

RESUMOS

No processo de concepção e introdução das tecnologias de precisão em meio agrícola, há uma desproporção entre os aspectos de produtividade esperada e a atenção prestada aos seus usos e aos seus efeitos na saúde dos agricultores. É esta dinâmica que a ergonomia tenta restabelecer através da análise da atividade de trabalho. Neste artigo, questionamos, através da ergonomia, a agricultura de precisão, os recursos que esta oferece aos agricultores, bem como as limitações que provoca no trabalho real. Por fim, propomos recorrer à análise da atividade a diferentes níveis para acompanhar os agricultores nas escolhas que têm de fazer e pensar de forma diferente a concepção e desenvolvimento destas novas tecnologias.

En los procesos de diseño e introducción de las tecnologías de precisión en la agricultura, existe una desproporción entre los aspectos de productividad esperados y la atención prestada a sus usos y a los efectos que generan en la salud de los agricultores. Es esta dinámica la que la ergonomía intenta restablecer mediante el análisis de la actividad laboral. En este artículo, nos servimos de la ergonomía para cuestionar la agricultura de precisión, los recursos que ofrece a los agricultores, así como las limitaciones que genera en el trabajo real. Por último, proponemos analizar la actividad a distintos niveles para apoyar a los agricultores en las decisiones que deben de tomar y plantear de forma diferente el diseño y el desarrollo de estas nuevas tecnologías.

Dans les processus de conception et d'introduction des technologies de précision en milieu agricole, il existe une disproportion entre les enjeux de productivité escomptés et l'attention portée à leurs usages et aux effets sur la santé des agriculteurs. C'est cette dynamique que l'ergonomie tente de rétablir par l'analyse de l'activité de travail. Dans cet article, nous mobilisons l'ergonomie pour questionner l'agriculture de précision, les ressources qu'elle offre aux agriculteurs de même que les contraintes qu'elle génère dans le travail réel. Finalement, nous proposons de développer l'analyse de l'activité à différentes échelles pour accompagner les agriculteurs dans les choix qui s'imposent à eux et penser autrement la conception et le développement de ces nouvelles technologies.

In the processes of designing and introducing precision technologies in agriculture, there is a disproportion between the expected productivity issues and the attention paid to their uses and to the effects on the health of farmers. It is this dynamic that ergonomics tries to restore by analyzing work activity. In this article, we mobilize ergonomics to question precision agriculture,

the resources it offers to farmers as well as the constraints it generates in real work. Finally, we propose to develop the analysis of the activity at different scales to support farmers in the choices that are imposed on them and to think differently about the design and development of these new technologies.

ÍNDICE

Mots-clés: nouvelles technologies, agriculture de précision, usages, santé et sécurité au travail, ergonomie de l'activité

Palavras-chave: novas tecnologias, agricultura de precisão, usos, saúde e segurança no trabalho, ergonomia da atividade

Palabras claves: nuevas tecnologías, agricultura de precisión, usos, salud y seguridad en el trabajo, ergonomía de la actividad

Keywords: new technologies, precision agriculture, uses, health and safety at work, ergonomics of the activity

AUTORES

FABIENNE GOUTILLE

<https://orcid.org/0000-0001-8038-4814>

Équipe EPICENE, Bordeaux Population Health Center - Inserm U1219, Université de Bordeaux - ISPED Case 11, 146 rue Léo Saignat, 33076 BORDEAUX Cedex[^]. Chercheure associée, Équipe ETTIS, Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement, UR 1456, 50 AVENUE de Verdun 33612 CESTAS CEDEX. fabienne.goutille@gmail.com

MARION ALBERT

Équipe EPICENE, Bordeaux Population Health Center - Inserm U1219, Université de Bordeaux - ISPED Case 11, 146 rue Léo Saignat, 33076 BORDEAUX Cedex. marion.albert@u-bordeaux.fr

JULIE FREDJ

Équipe EPICENE, Bordeaux Population Health Center - Inserm U1219, Université de Bordeaux - ISPED Case 11, 146 rue Léo Saignat, 33076 BORDEAUX Cedex. julie.fredj@yahoo.fr

JOHANNA PANNETIER

Service PreventAgri de la Mission Wallonne des Secteurs Verts en Wallonie, Rue du Roi Albert 87 - 7370 Dour, Belgique johanna.pannetier@preventagri.be

ALAIN GARRIGOU

<https://orcid.org/0000-0002-7467-0643>

Équipe EPICENE, Bordeaux Population Health Center - Inserm U1219, Université de Bordeaux - ISPED Case 11, 146 rue Léo Saignat, 33076 BORDEAUX Cedex. Alain.garrigou@u-bordeaux.fr

ADELAIDE NASCIMENTO

Conservatoire National des Arts et Métiers, 41 rue Gay Lussac, Paris. adelaide.nascimento@lecnam.net

CAROLINE JOLLY

Institut de recherche Robert Sauvé en santé et sécurité du travail (IRSST), 505 boulevard de
Maisonneuve ouest, Montreal, Quebec, H3A 3C2, Canadá. caroline.jolly@irsst.qc.ca