

Nicolas CONSTANT (Sudvinbio) | Christophe AUVERGNE et Nathalie FORTIN (Chambre d'Agriculture de l'Hérault)
Emmanuel COLIN (FR CUMA) | Christophe GAVIGLIO (IFV)

VITICULTURE BIOLOGIQUE

L'entretien du sol

Réduire les coûts de production
et la consommation en énergies fossiles

NOVEMBRE 2019



DOCUMENT RÉALISÉ AVEC LE SOUTIEN FINANCIER DE

Pourquoi ? ce document ?

La réduction de l'utilisation des intrants est un des enjeux majeurs de l'agriculture en ce début de XXI^{ème} siècle.



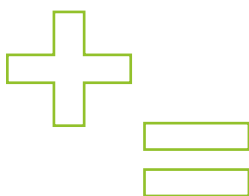
De nombreux dispositifs nationaux sont mis en place pour inciter les agriculteurs à réduire leur consommation d'intrants, tant phytosanitaires (plan Ecophyto) qu'énergétiques (Plan de Performance Energétique (PPE)). Les préconisations du GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat) conduisent à rechercher des modes de production économes en gaz à effet de serre (1 litre de Gazole Non Routier (GNR) consommé correspond à 2,67 kg de CO₂ émis).

La diminution de l'utilisation des produits phytopharmaceutiques repose en partie sur le recours à la mécanisation. Le travail du sol est l'alternative aux herbicides la plus couramment utilisée dans le vignoble de l'Occitanie. Cette technique répond aux problèmes liés à l'utilisation des herbicides (pollution de la ressource en eau). Cependant, sa mise en œuvre se traduit par un impact significatif sur les deux postes les plus énergivores à la vigne (« carburant » et « matériel »), ainsi que sur les coûts de main d'œuvre.

De ce constat est né le projet « **Optimisation des itinéraires techniques d'entretien du sol en viticulture biologique en vue de réduire les coûts de production et la consommation en énergies fossiles** », dont les objectifs sont de :

- Caractériser les stratégies d'entretien du sol des viticulteurs de l'ex-région Languedoc-Roussillon. Cette action repose sur une enquête réalisée en 2016 auprès de 334 viticulteurs de la région (dont 129 en culture biologique).
- Établir une gamme de consommation en carburant des différents matériels d'entretien du sol, en fonction des conditions d'intervention.
- Proposer des solutions de réduction de la consommation de GNR dans un contexte parcellaire donné, en fonction du matériel disponible sur le domaine viticole.

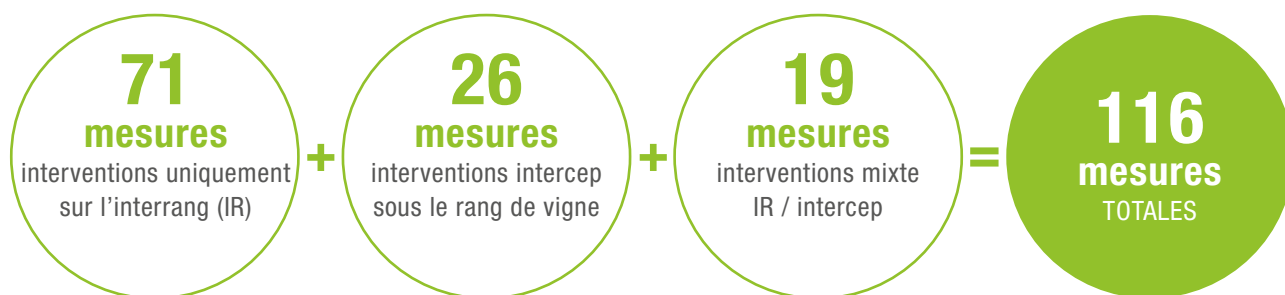
Le projet en chiffres



Dans ce projet, les 4 partenaires techniques ont enregistré 116 mesures de consommation de GNR. Celles-ci ont été effectuées dans le cadre :

- d'expérimentations permettant d'évaluer l'effet d'un facteur donné sur la consommation de GNR (IFV, Chambre d'agriculture de l'Hérault, CUMA 34),
- de journées pédagogiques au LEAP de Bonne Terre Pézenas (Chambre d'agriculture de l'Hérault, CUMA 34),
- des interventions de viticulteurs biologiques répartis sur l'ensemble du territoire de la région Languedoc-Roussillon (Sudvinbio, Chambre d'agriculture de l'Hérault).

Elles ont été relevées en conditions réelles d'exploitation, dans des contextes d'intervention très variés, représentatives de la diversité des pratiques viticoles régionales.



Afin de pouvoir comparer les données entre elles, les mesures sont harmonisées :

- pour estimer la consommation à l'échelle de la parcelle. Lorsque le remplissage du réservoir du tracteur a été fait au domaine, la consommation du trajet sur la route a été estimée et retirée,
- lorsque l'intervention est faite un IR sur deux, la consommation est ramenée à un travail tous les IR,
- la densité de plantation ayant un impact sur la distance parcourue / ha, toutes les mesures ont été ramenées pour une parcelle plantée à 2,25 m.

sommaire

01. Entretien du sol / Les principaux types de matériel	p. 4 à 5
02. Viticulture biologique / Les principales stratégies d'entretien du sol	p. 6 à 7
03. Gazole non routier / Savoir évaluer la consommation	p. 8
04. Outils d'entretien du sol / Les facteurs qui influencent la consommation	p. 9 à 11
05. Interventions sur le travail du sol / Les économies possibles en GNR	p. 12 à 17
06. Itinéraire technique / Réduire la consommation de GNR	p. 18 à 22




01

ENTRETIEN DU SOL

Les principaux types de matériel

Les matériels étudiés dans ce projet en conditions réelles d'exploitation représentent ceux utilisés par les viticulteurs de la région.

1. Entretenir l'interrang

	HOUE ROTATIVE À AXE HORIZONTAL	CADRE	PULVÉRISEUR À DISQUES
Ameublir le sol ou détruire le couvert herbacé			
Gamme de vitesse optimale	3-4 km/h	5-6 km/h	6-8 km/h
Débit de chantier « théorique*»	1h40min à 2h10min/ha 3,6 à 4,8 ha/j	1h10 à 1h20min/ha 6 à 7,2 ha/j	50min à 1h10min/ha 7,2 à 9,6 ha/j


* débit de chantier théorique : pour une vigne plantée à 2,25 m, travaillée tous les IR. Le débit de chantier est calculé en ajoutant 50% de temps d'intervention à la durée pour parcourir les 4444 mètres linéaires à la vitesse considérée. Ex : à 4 km/h, il faut 66 minutes pour parcourir 4444 m. Le débit de chantier retenu à cette vitesse est de $66 \times 1,5 = 99$ minutes (1 h 40 minutes) équivalent à 4,8 ha travaillés / jour. Ce facteur x 1,5 prend en compte les temps de manœuvre, de réglage des outils... La configuration de la parcelle (longueur des rangs, taille des fourrières, pente, dévers...) et les conditions d'intervention influencent fortement le débit de chantier.



BON À SAVOIR

CADRE SANS AILETTES : les pièces travaillantes (socs), plus étroites que lorsqu'elles sont équipées d'ailettes, pénètrent plus facilement dans le sol. Ce montage est privilégié lorsque l'objectif principal de l'intervention est d'ameublir le sol (souvent en « sortie d'hiver » ou avant une pluie).

CADRE AVEC AILETTES : les pièces travaillantes (ailettes) sont horizontales. Ce montage limite la profondeur de travail et donc l'efficacité de l'ameublissement du sol. Par contre, les ailettes augmentent l'efficacité sur la destruction des adventices en coupant leur système racinaire. Ce montage est donc privilégié lorsque l'objectif prioritaire de l'intervention est de détruire les adventices.

	GYROBROYEUR	BROYEUR À MARTEAUX	ROULEAU ÉCRASEUR DE VÉGÉTAUX
Entretenir le couvert herbacé			
Gamme de vitesse optimale	5-6 km/h	5-6 km/h	6-8 km/h
Débit de chantier « théorique*»	1h10 à 1h20min/ha 6 à 7,2 ha/j	1h10 à 1h20min/ha 6 à 7,2 ha/j	50 min à 1h10min/ha 7,2 à 9,6 ha/j

2. Entretien le rang = travail intercep

Outil à effacement « classique » <i>(mécanique, hydraulique, électrique...)</i>	DÉCAVAILLONNEUSE À SOC 	OUTIL ROTATIF 	LAME BINEUSE 	
	Gamme de vitesse optimale	2-3 km/h	2-3 km/h	4-5 km/h
	Débit de chantier « théorique*»	2h10min à 3h20min/ha 2,4 à 3,6 ha/j	2h10min à 3h20min/ha 2,4 à 3,6 ha/j	1h20min à 1h40min/ha 4,8 à 6 ha/j
Outil bineur passif <i>(sans effacement)</i>	ECOCEP® 	ROTOR À DOIGTS SOUPLES 	LAME 	
	Gamme de vitesse optimale	6-8 km/h	6-8 km/h	6-8 km/h
	Débit de chantier « théorique*»	50min à 1h10min/ha 7,2 à 9,6 ha/j	50min à 1h10min/ha 7,2 à 9,6 ha/j	50min à 1h10min/ha 7,2 à 9,6 ha/j

BON À SAVOIR

La FR CUMA Occitanie (en collaboration avec la CUMA Méditerranée, la CUMA Gers-Pyrénées, la CUMA Gironde, les Chambres d'agriculture de l'Hérault et de la Gironde et l'IFV) ont publié en septembre 2018 un guide technique « Désherbage mécanique de la vigne : choisir ses outils interceps ». En plus de présenter les caractéristiques techniques des principaux outils du marché, ce guide rappelle les bonnes pratiques de réglages des outils interceps. Un outil précieux dans le choix et l'utilisation de ce type de matériel.

Ces fiches techniques sont accessibles sur le site internet : www.occitanie.cuma.fr



02

VITICULTURE BIOLOGIQUE

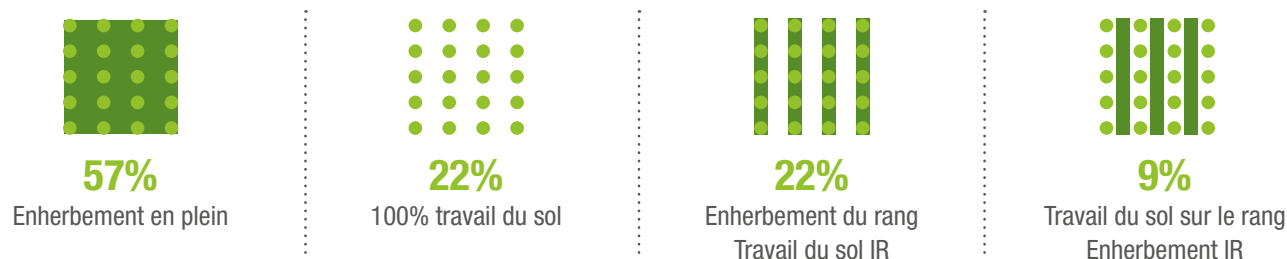
Les principales stratégies d'entretien du sol

En 2016, Sudvinbio, l'UMR System de l'INRA de Montpellier et la Fédération Régionale des CIVAM se sont associés pour réaliser une enquête auprès des viticulteurs de la région Languedoc-Roussillon pour analyser leur gestion des sols. 334 viticulteurs ont répondu à cette enquête dont 129 viticulteurs et vigneron engagés dans une démarche bio. Ce travail a notamment permis d'identifier les principales stratégies d'entretien du sol mises en œuvre par les viticulteurs biologiques.

1. Pendant le repos végétatif

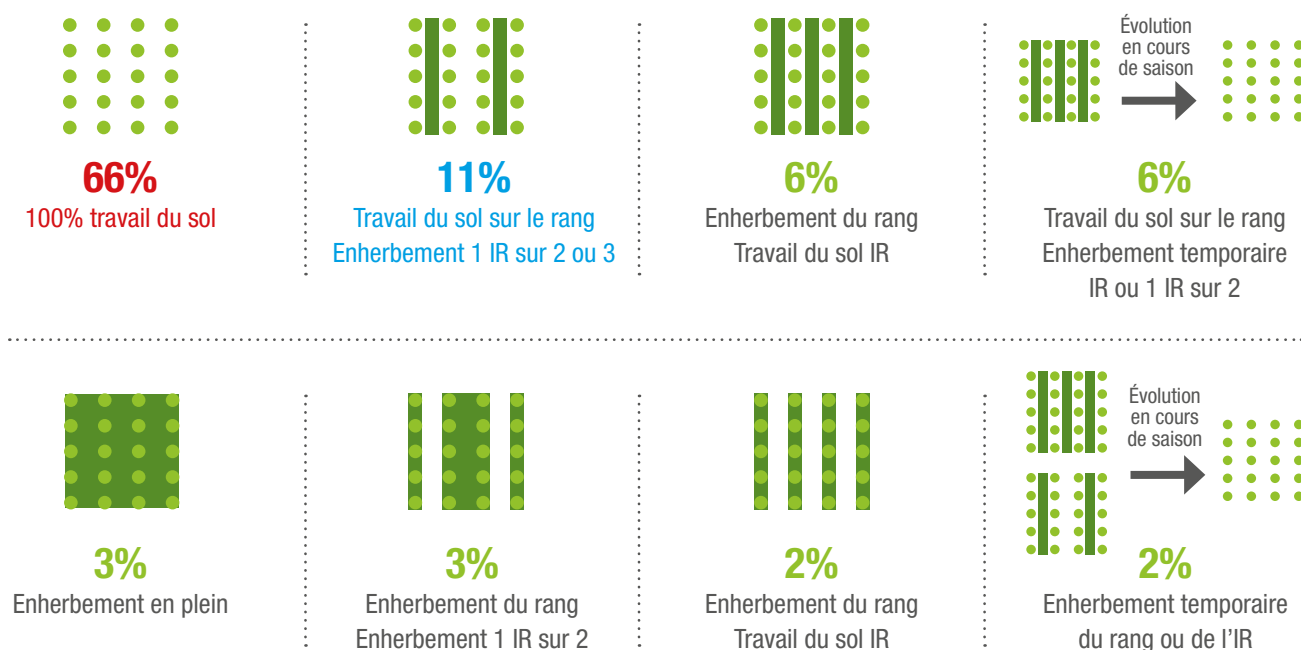
En hiver, seules 4 modalités d'entretien du sol sont décrites.

La principale consiste en une couverture totale du sol par l'herbe (57% des réponses).



2. Pendant la période végétative

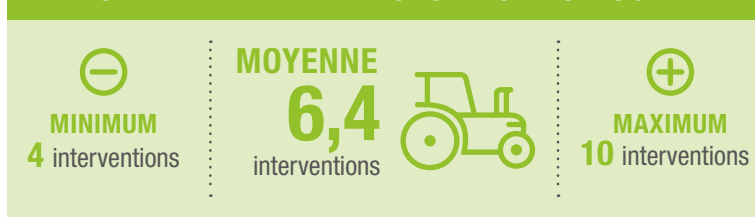
Les pratiques d'entretien du sol au printemps et en été sont plus diversifiées que pendant l'hiver : 8 stratégies différentes ont été décrites. La principale (en rouge sur la figure) consiste en une destruction totale de l'herbe sur le rang et dans l'interrang (66% des réponses). La seconde (en bleu sur la figure) consiste à maintenir de l'herbe un interrang sur 2 (11% des réponses). Les autres stratégies sont beaucoup moins fréquentes. 100% des viticulteurs en culture biologique ayant répondu à cette enquête ont recours au travail du sol sur l'ensemble de la parcelle, ou localisé sous le rang de vigne (travail intercep) ou entre les rangs de vignes (travail IR) à au moins une période de l'année (repos végétatif et / ou période végétative). L'évaluation de la consommation en GNR des outils d'entretien du sol concerne donc tous les viticulteurs en culture biologique.



3. Enquête approfondie

Cette vaste enquête réalisée par internet a été complétée par une enquête approfondie auprès de 20 viticulteurs en culture biologique pour connaître le détail de leurs interventions et le coût de leur stratégie.

NOMBRE D'INTERVENTIONS MÉCANISÉES / AN



Le nombre d'interventions dépend de plusieurs facteurs :

→ **La stratégie :** les viticulteurs qui conservent un couvert végétal naturel en hiver réalisent moins d'interventions que ceux qui entretiennent le sol toute l'année : de 4 à 6 interventions pour les premiers, de 6 à 10 pour les suivants.

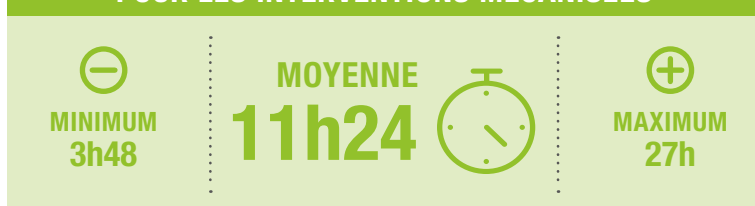
→ **La fertilité des sols :** pour un même objectif d'entretien, les sols riches nécessitent généralement plus d'interventions que les sols plus « pauvres » (ex : sols de coteau).

DURÉE D'UNE INTERVENTION MÉCANISÉE / HA



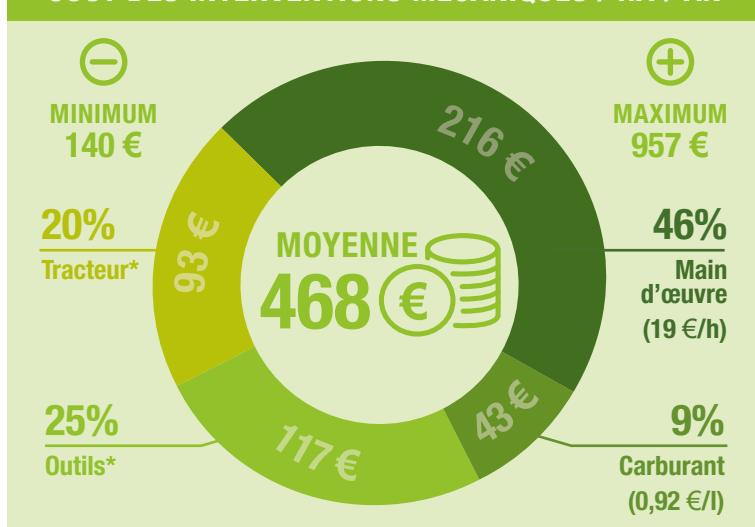
La durée d'intervention dépend de la nature de l'intervention (IR, intercep ou couplée), de la topographie et du type de matériel utilisé.

TEMPS DE TRAVAIL À L'ANNÉE / HA POUR LES INTERVENTIONS MÉCANISÉES



Les temps de travail à l'année sont très variables selon les situations. Les minima sont obtenus par les vignerons dont les conditions de sol de l'exploitation ne sont pas un facteur limitant pour la vitesse de travail (pentes faibles, pas de dévers, peu de cailloux...), dont les stratégies limitent le nombre d'interventions (max : 6 interventions), et qui combinent les interventions IR / intercep.

COÛT DES INTERVENTIONS MÉCANIQUES / HA / AN



Les coûts de production sont directement corrélés au temps de travail à l'année. Ceci est notamment dû au fait que les frais de main d'œuvre représentent 46% du coût de production. Tout ce qui permet de réduire le temps de travail (réduction du nombre d'interventions, augmentation du débit de chantier...) réduit les coûts de production. A noter que le carburant représente 9% du coût des interventions mécaniques.

* Les frais « outils » et « tracteur » incluent les frais d'amortissement, d'entretien et de changement des pièces d'usure, déclarés par les viticulteurs enquêtés

74% des viticulteurs enquêtés complètent leurs interventions de travail du sol mécanisées par des interventions manuelles (piochages). Les stratégies de piochage sont très variables selon les vignerons :

- • soit de nombreuses parcelles, voire toutes, sont piochées tous les ans, avec un temps d'intervention par parcelle limité (quelques heures),
- • soit peu de parcelles sont piochées chaque année, mais en consacrant plus de temps par parcelle (une voire plusieurs dizaines d'heures / parcelle).

03.

GAZOLE NON ROUTIER

Savoir évaluer la consommation

1. La méthode des pleins



Eprouvette et jerry can (utilisable à la parcelle)



Cuve munie d'un volucompteur (remplissage au hangar)

Principe : Remplir totalement le réservoir du tracteur avant et après le travail, et mesurer la quantité de carburant ajoutée après le travail.

Avantages : Très facile à mettre en œuvre / Aucun investissement nécessaire.

Inconvénients : La précision dépend de la durée de travail et du matériel utilisé pour mesurer la quantité de carburant après le travail. Le remplissage du réservoir doit se faire sur un terrain plat. Une bulle d'air peut se former en haut du réservoir ce qui peut fausser les mesures (secouer le tracteur pour évacuer la bulle d'air). Si le remplissage du réservoir se fait au domaine, il faut pouvoir estimer la consommation de carburant lors du déplacement ($\approx 0,3$ l de GNR/ km parcouru sur la route).

2. La lecture de l'ordinateur de bord



Principe : Certains tracteurs sont équipés d'ordinateur de bord qui précise la consommation instantanée en l/h.

Avantage : Aucun investissement nécessaire

Inconvénients : La mesure est donnée en l/h. Il faut connaître précisément le débit de chantier en ha/h pour pouvoir faire la conversion en l/ha. Les données ne sont pas enregistrées, et doivent être notées à chaque phase de travail pour laquelle on veut estimer la consommation. Un calibrage peut être nécessaire pour mesurer la précision des valeurs données par l'ordinateur de bord. La méthode des pleins sur une journée complète de travail permet d'obtenir un comparatif intéressant.

3. La méthode des pesées



Principe : Dériver le circuit de carburant d'alimentation du moteur : le déconnecter du réservoir du tracteur pour le brancher sur un réservoir amovible rempli de carburant.

Avantages : Très précis / Possible de faire la mesure à la parcelle / Investissement nécessaire très limité

Inconvénients : Difficile à mettre en œuvre (= dériver le circuit d'alimentation en carburant du moteur).

4. Le débitmètre connecté



Principe : Installer un débitmètre sur le circuit de gazole du tracteur. Les données sont collectées soit sur un enregistreur de données, soit sur un serveur internet (via le réseau GPRS).

Avantages : Très précis / Données en temps réel

Inconvénients : Difficile à mettre en œuvre (= nécessité d'installer le débitmètre)

Très onéreux : achat du débitmètre + abonnement mensuel à une carte SIM et à un serveur ou achat d'un enregistreur de données à télécharger régulièrement.

Noter la correspondance entre les enregistrements et le travail effectué (parcelle travaillée, matériel).

BON À SAVOIR

Quelle que soit la méthode utilisée, il faut mesurer précisément la surface travaillée ou le temps de travail effectif pour évaluer la consommation en l/ha ou l/h. Plus la surface travaillée ou le temps de travail est important, plus précise sera l'évaluation de la consommation en l/ha ou en l/h. Ceci est d'autant plus vrai pour les techniques simples (ex : méthode des pleins).

04.

OUTILS D'ENTRETIEN DU SOL Les facteurs qui influencent la consommation

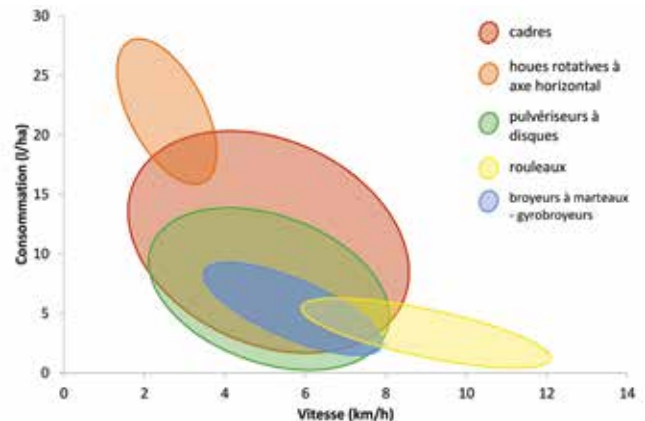
1. Les outils interrang

Pour la plupart des outils, le principal facteur qui influence la consommation en GNR est la vitesse de travail. La figure ci-contre illustre la variation de consommation des outils en fonction de la vitesse. Chaque ovale regroupe l'ensemble des mesures effectuées lors du projet pour un matériel donné.

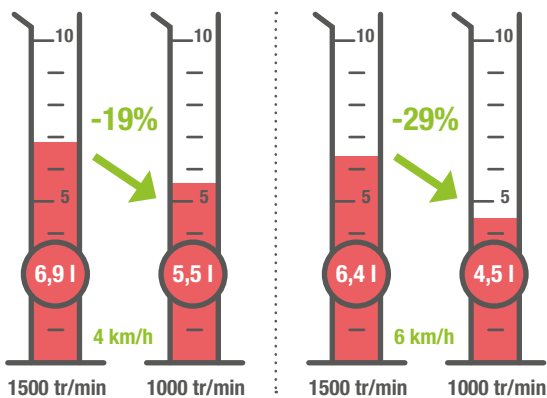
L'augmentation de la vitesse de travail augmente la consommation horaire des différents outils, mais le gain de temps à l'ha compense cette surconsommation instantanée : **pour un outil donné, l'augmentation de la vitesse de travail diminue la consommation / ha.** C'est particulièrement vrai pour les outils les plus gourmands.

La figure ci-dessus regroupe des données collectées dans des contextes différents. Les écarts constatés pour un même matériel résultent de l'influence de nombreux facteurs (terroir, conditions d'intervention...). Pour étudier et quantifier l'influence d'un facteur donné (ex : régime moteur), il convient de comparer des mesures réalisées dans un même contexte : même parcelle, même tracteur... Les paragraphes ci-dessous présentent les résultats d'expérimentations évaluant l'influence d'un facteur donné sur la consommation de GNR.

Gamme de variation de consommation des différents outils interrang, en fonction de la vitesse de travail



1.1 Le régime moteur

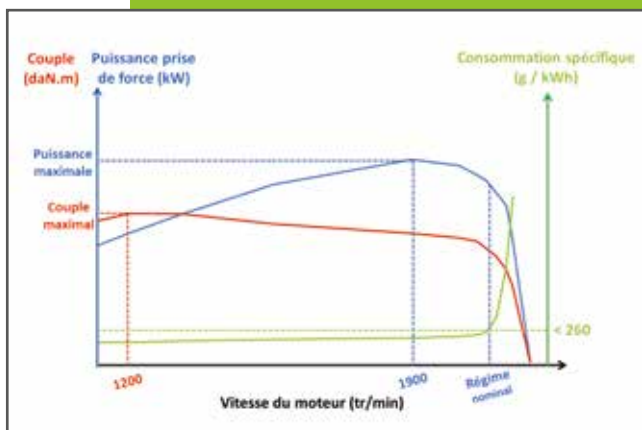


Exemple : passage d'un pulvérisateur à 12 disques, tracteur Landini Rex 95 cv.

La baisse du régime moteur de 1500 à 1000 tr/min entraîne une baisse de consommation de 20-30%, variable selon la vitesse de travail.

L'optimisation du régime moteur dépend de la nature du travail effectué et des caractéristiques du moteur. **Pour limiter la consommation de GNR, il convient de rechercher le régime de rotation du moteur le plus bas possible, qui permette de réaliser le travail à la vitesse voulue.**

Pour connaître les caractéristiques du moteur, il est nécessaire de passer le tracteur au banc d'essai moteur.



BON À SAVOIR

Le couple est la capacité du moteur à accélérer ou à maintenir le régime. Avec un régime au-dessus du couple maximal, quand il baisse, le couple augmente donc le moteur a plus de capacité à reprendre son régime. Au régime de couple maximal ou en dessous, si le régime baisse, le couple baisse et le moteur s'étouffe. La consommation est la plus faible au régime de couple maximal. Si possible, travailler au régime le plus proche du couple maximal pour avoir la consommation la plus faible possible.

Cas des équipements entraînés par la prise de force :

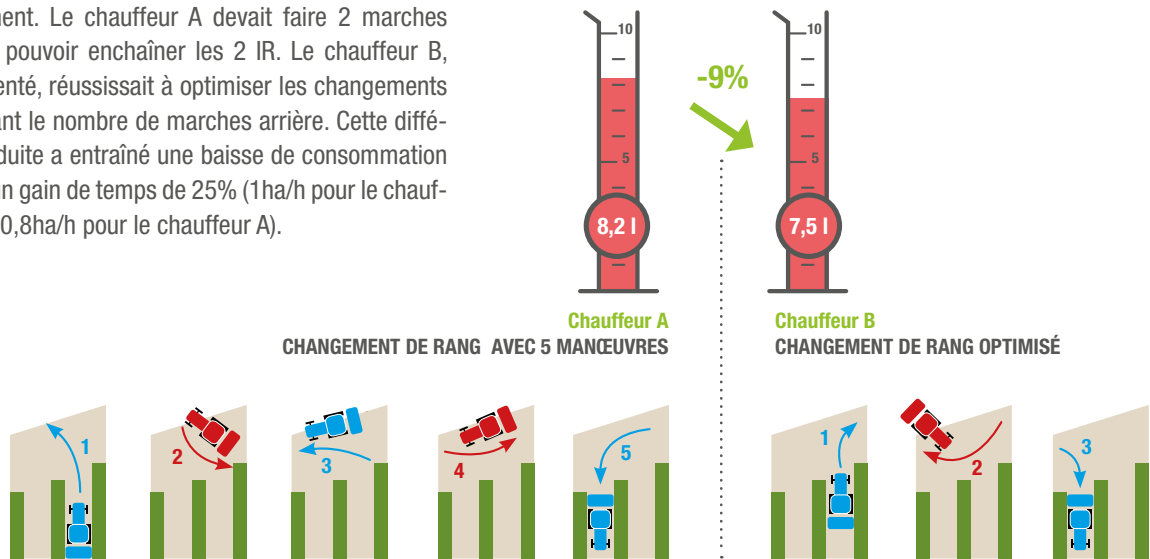
Certains tracteurs sont équipés d'un mode eco de la prise de force. Il permet d'obtenir le régime de rotation de 540 trs/min à la prise de force avec un régime moteur inférieur, grâce à une

plus grande démultiplication. Le gain de consommation est de 30 % en moyenne. Ce mode eco est toutefois déconseillé pour des travaux exigeant une forte puissance, car le moteur pourrait être en difficulté.

1.2 L'optimisation des manœuvres

Exemple : passage d'un cadre 7 dents équipé de côtes de melon, tracteur Fendt, vitesse entre 4 et 5 km/h, rangs de 100 m.

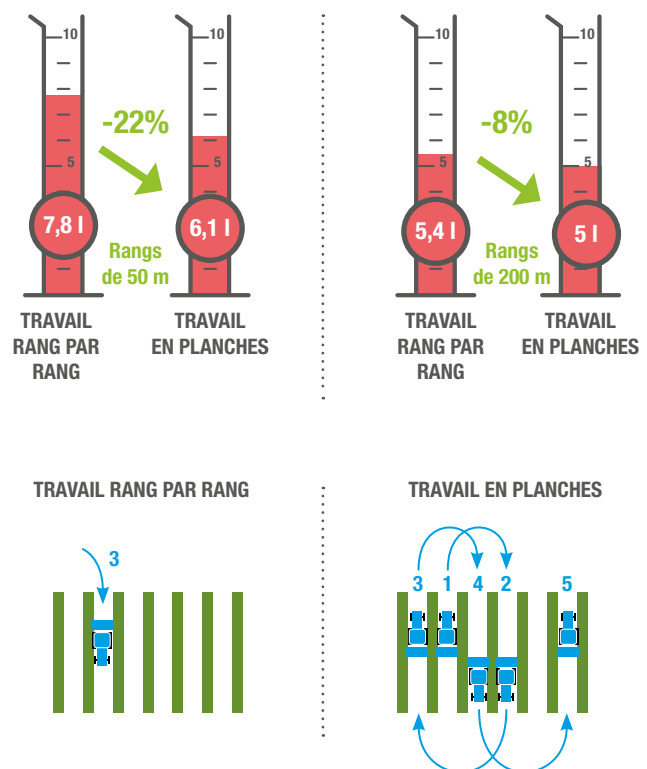
Dans cet essai, l'objectif était de travailler tous les IR consécutivement. Le chauffeur A devait faire 2 marches arrières pour pouvoir enchaîner les 2 IR. Le chauffeur B, plus expérimenté, réussissait à optimiser les changements d'IR, en limitant le nombre de marches arrière. Cette différence de conduite a entraîné une baisse de consommation de 9%/ha et un gain de temps de 25% (1ha/h pour le chauffeur B contre 0,8ha/h pour le chauffeur A).



La consommation et le temps de travail peuvent être encore réduits par un travail en planches, plutôt qu'en travaillant tous les IR consécutivement.

Exemple : passage d'un cadre 5 dents, équipé d'ailettes de désherbage, tracteur John Deere 5080 GV, à une vitesse de 6 km/h.

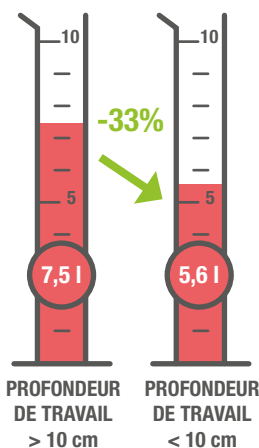
Le temps de manœuvre avec un travail en planches est réduit à 15 secondes contre 40 secondes au mieux avec un travail rang par rang qui implique une manœuvre. Cette diminution du temps de changement de rang entraîne une baisse de consommation de 8% sur des rangs longs (200 m) à 22% sur des rangs courts (50 m).



BON À SAVOIR

Pour les outils sans animation (pulvérisateur à disques, cadres...), la consommation instantanée pendant la phase de changement de rang (outil relevé) est réduite de 40 % (cas du travail en planches) à 50 % (cas du travail rang par rang, on réduit le régime moteur) par rapport à la consommation pendant la phase de travail. Pour les outils fonctionnant avec une centrale hydraulique, la consommation pendant la phase de changement de rang est comparable à celle pendant le travail. Elle est déterminée par le régime moteur nécessaire pour animer la centrale. L'optimisation des manœuvres est d'autant plus importante avec ces outils.

1.3 La profondeur de travail



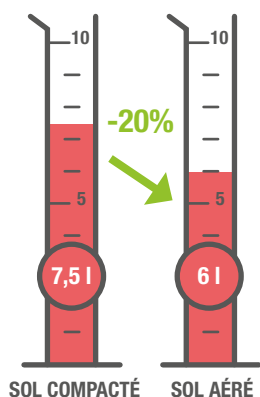
Exemple : passage d'un cadre 5 dents, monté de carrelots avec ailettes de désherbage, tracteur Landini Rex 95 cv, régime moteur à 1500 tr/min, vitesse de travail : 6 km/h.

Dans cet exemple, travailler le sol superficiellement (< 10 cm) réduit la consommation de carburant de 33%.

BON À SAVOIR

La profondeur de travail dépend de l'objectif de l'intervention : les travaux profonds (> à 10 cm) sont réservés aux opérations d'ameublissement du sol. Dans ce cas, les dents du cadre sont équipées de « côtes de melon », de carrelots... mais pas d'ailettes de désherbage. Si l'objectif est de détruire les adventices, les dents doivent être équipées d'ailettes de désherbage. Celles-ci étant horizontales, elles sont réservées à des interventions superficielles (< 10 cm).

1.4 Le moment de reprise des sols



Exemple : Passage d'un cadre 7 dents équipé de côtes de melon, tracteur Fendt Vario 90 cv, régime moteur de 1600 tr/min, vitesse de travail : 4,5 km/h.

Les mesures montrent que la reprise du travail sur un sol fermé consomme 20% de plus que lorsque le sol est déjà travaillé, donc ameubli. Le positionnement des interventions dans le temps pour éviter que le sol ne se referme permet donc une petite économie.

BON À SAVOIR

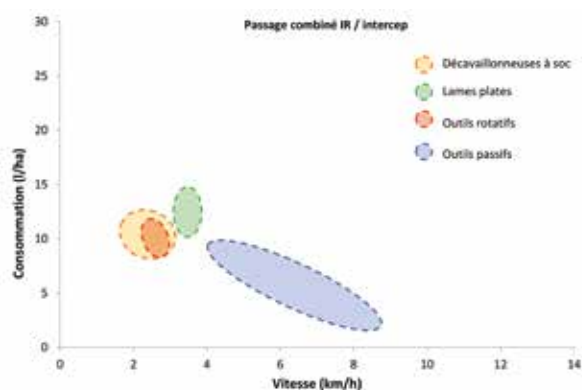
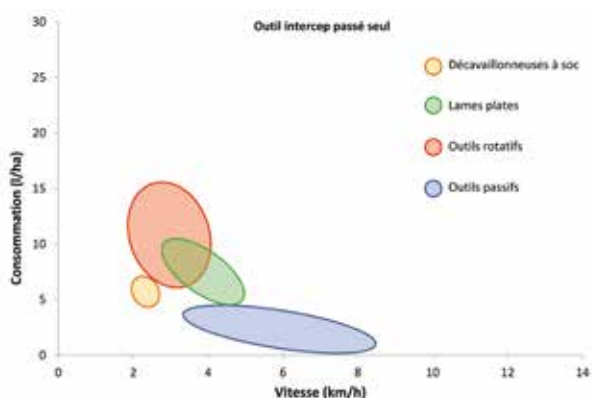
Le deuxième facteur qui peut jouer sur la consommation est l'état hydrique du sol. Le travail de désherbage (< 10 cm de profondeur) dans un sol aéré et sec permet une économie de consommation de carburant à l'hectare de l'ordre de 10 % par rapport au même sol plus humide (ressuyé, mais frais). Pour un travail plus profond (ameublissement), le gain est négligeable.

2. Les outils intercep

Hormis pour les outils à effacement passif, la consommation de carburant des outils intercep dépend moins de la vitesse que celle des outils IR. La gamme de vitesse permise par les décaillonneuses et outils rotatifs à effacement classique (= avec tâteur) est comprise entre 2 et 4 km/h. La consommation en carburant d'une intervention mixte (IR + intercep) correspond à la consommation de l'outil IR passé seul, dans la même gamme de vitesse : associer un outil intercep à un outil IR n'augmente pas significativement la consommation de carburant de l'outil IR s'il ne modifie pas la vitesse de travail.

Une décaillonneuse à soc, seule, consomme environ deux fois moins de carburant que lorsqu'elle est associée à un cadre. Pour les outils rotatifs, la consommation est comparable que l'outil soit passé seul ou associé à un cadre. Pour le binage, les outils passifs ont des consommations moyennes < à 5 l/ha. Les lames à effacement classique ont une moyenne de consommation de 6,7 l/ha. Comme pour les décaillonneuses, le passage d'une lame seule entraîne une consommation deux fois moindre que lorsqu'elle est associée à un cadre.

Gamme de variation de consommation des outils intercep, en fonction de la vitesse de travail



05

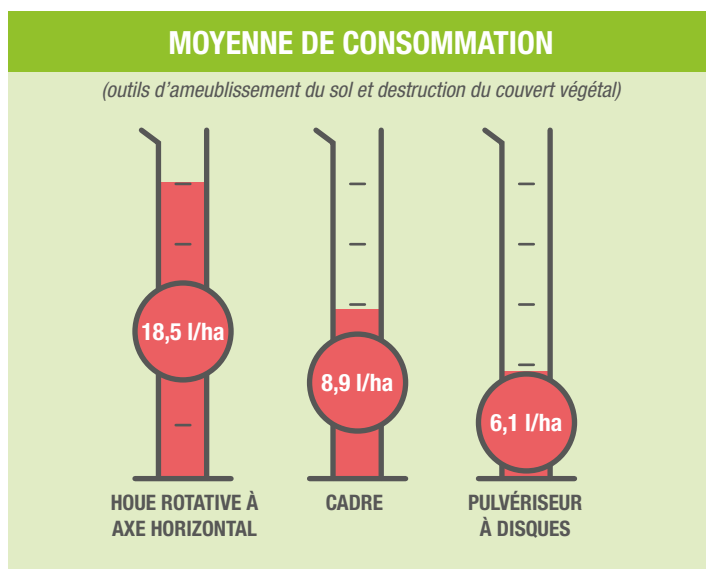
INTERVENTIONS SUR LE TRAVAIL DU SOL

Les économies possibles en GNR

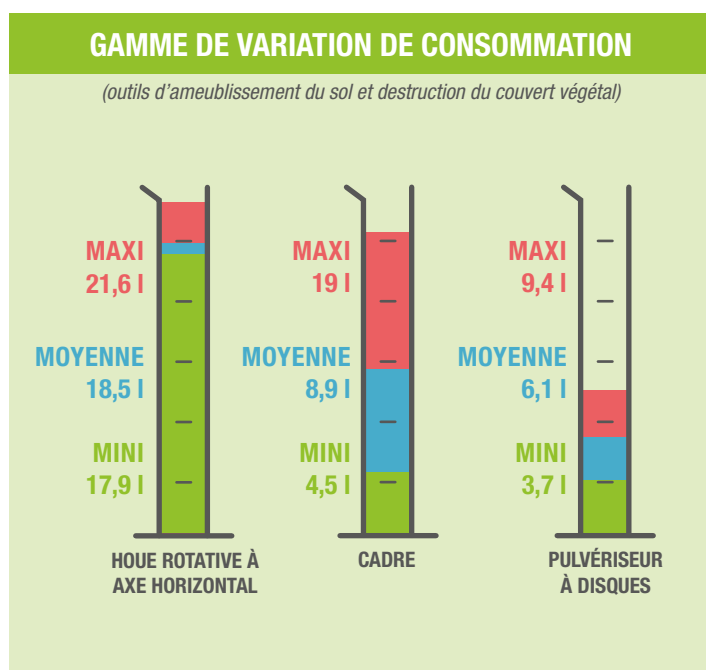
Ce paragraphe présente les moyens de baisser la consommation d'une intervention donnée à l'échelle d'une parcelle. Nous considérons que le cadre de contrainte (parcellaire, matériel d'entretien du sol, tracteur, main d'œuvre, objectif de production...) ne peut être modifié.

1. Ameublir le sol ou détruire le couvert végétal de l'IR

Bien que leurs fonctions soient comparables, les outils servant à ameublir le sol ou détruire le couvert végétal de l'IR ont des impacts différents sur la consommation de GNR.



→ Le cadre est l'outil le plus couramment utilisé par les viticulteurs pour ameublir le sol ou détruire les adventices. En moyenne, un passage de cadre consomme 8,9 l de GNR / ha. Pour réaliser le même travail, la houe rotative à axe horizontal consomme environ 2 fois plus de carburant (18,5 l) et les disques environ 30% de moins (6,1 l). La surconsommation de la houe rotative à axe horizontal s'explique par le fait qu'il s'agisse d'un outil animé par la prise de force et par une vitesse d'intervention plus faible (vitesse moyenne de travail de 3,2 km/h, contre 5 km/h pour les cadres et 5,9 km/h pour les pulvérisateurs à disques).





HOUE ROTATIVE À AXE HORIZONTAL

Couplage avec des outils interceps

La gamme de variation de consommation est très étroite. La consommation minimale enregistrée dans les essais est de 17,9 l, soit environ x3 par rapport à la moyenne de toutes les consommations enregistrées dans notre projet. Cependant, cet outil est particulièrement utile dans les situations où l'enherbement est très développé, sans risque de « bourrage ».

Les houes rotatives à axe horizontal ne sont compatibles avec aucun outil intercep



CADRE

Couplage avec des outils interceps

Pour le cadre, les écarts de consommation varient du simple au quadruple entre les consommations mini et maxi. Les principaux facteurs qui influencent la consommation sont résumés dans le tableau ci-dessous et traduisent l'objectif d'utilisation du cadre :

	⊕ ÉLEVÉES	⊖ FAIBLES
État du sol	« fermé »	« aéré »
Vitesse de travail	< 4 km/h	> 4 km/h
Régime moteur	≥ 2000 tr/min	≤ 1500 tr/min
Largeur de travail	≥ 180 cm	≤ 160 cm
Profondeur de travail	> 10 cm	< 10 cm

En tendance, les passages combinés cadre + outil intercep entraînent une consommation supérieure aux passages du cadre seul (10,4 l/ha contre 8,2 l/ha). Cette surconsommation est principalement due à une vitesse de travail inférieure (en moyenne, 3,5 km/h pour les passages combinés, contre 5 km/h pour les passages de cadre seul).



PULVÉRISSEUR À DISQUES

Couplage avec des outils interceps

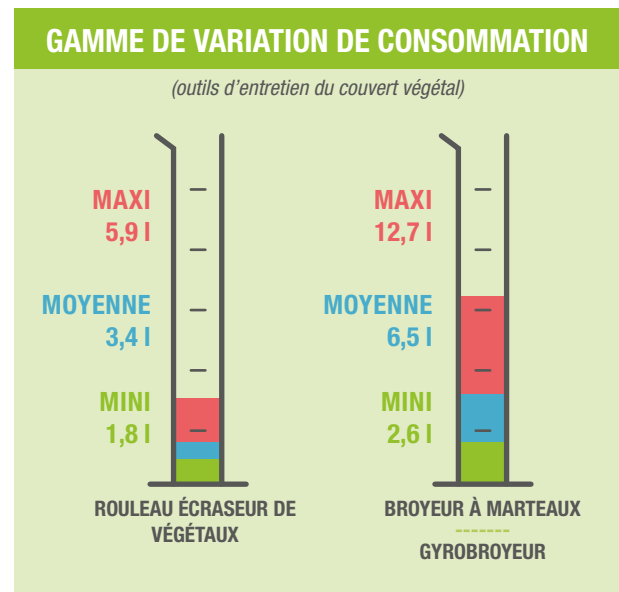
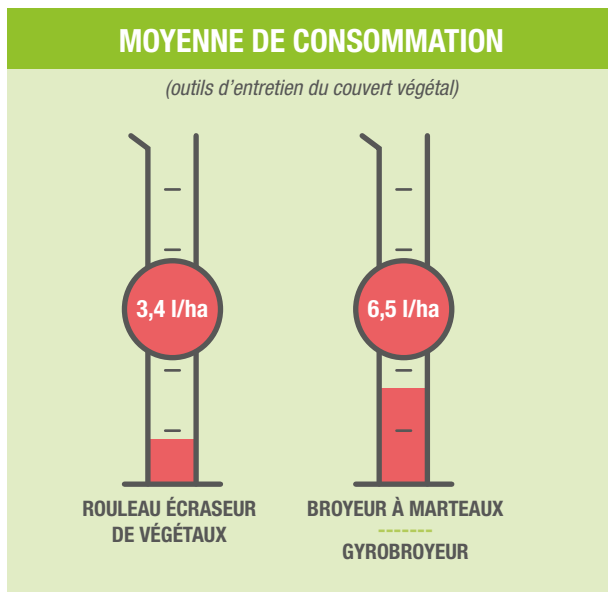
Pour le pulvérisateur à disques, les écarts sont également importants. La consommation maximale est 2,5 fois supérieure à la consommation minimale. Les principaux facteurs qui influencent la consommation, mis en évidence dans notre projet sont :

	⊕ ÉLEVÉES	⊖ FAIBLES
État du sol	« fermé »	« aéré »
Vitesse de travail	< 5 km/h	> 6 km/h

Les régimes moteur enregistrés dans notre projet pour les interventions avec cet outil sont homogènes et systématiquement < à 1500 tr/min.

Compte tenu de la gamme de vitesse optimale de cet outil (> 6 km/h), le couplage avec un outil intercep est très rare chez les vignerons. Seuls les outils « passifs » peuvent être couplés aux disques sans en pénaliser l'efficacité.

2. Entretenir le couvert végétal de l'IR



→ Les outils d'entretien du couvert végétal consomment moins de GNR que les outils de travail du sol, notamment les rouleaux écraseurs de végétaux.





ROULEAUX ÉCRASEURS DE VÉGÉTAUX

Bien que leur gamme de variation de consommation soit relativement étendue (x3 entre les consommations mini et maxi), les rouleaux écraseurs de végétaux sont les outils d'entretien du sol qui consomment le moins de carburant. Par exemple, leur consommation maximale (5,9 l/ha) est inférieure à la moyenne de consommation des broyeurs (6,5 l/ha). Ceci s'explique principalement par le fait que ce sont des outils non animés et qui permettent une vitesse de travail élevée (> 6 km/h).

	+ CONSOMMATIONS ÉLEVÉES	- CONSOMMATIONS FAIBLES
Couvert végétal	dense	peu dense
Vitesse	≈ 6 km/h	> 8 km/h

La densité du couvert influence davantage la consommation de carburant que la hauteur du couvert.

Couplage avec des outils intercepts

Compte tenu de la gamme de vitesse optimale de cet outil (> 6 km/h), seuls les outils « passifs » peuvent être couplés aux rouleaux écraseurs de végétaux sans en pénaliser l'efficacité.



BROYEURS À MARTEAUX ----- GYROBROYEURS



La consommation en carburant des broyeurs à marteaux et gyrobroyeurs est significativement supérieure à la consommation des rouleaux écraseurs de végétaux. Elle est comparable, en moyenne, à celle des pulvérisateurs à disques.

Selon les conditions d'intervention, les écarts de consommation varient d'un facteur x5 entre les consommations mini et maxi.

	+ CONSOMMATIONS ÉLEVÉES	- CONSOMMATIONS FAIBLES
Régime moteur	> 1900 tr/min	≤ 1500 tr/min
Vitesse	< 5 km/h	> 6 km/h
Outil	broyeur à marteaux	gyrobroyeur

La densité du couvert influence davantage la consommation de carburant que la hauteur du couvert. Dans des conditions d'intervention comparables, le broyeur à marteaux consomme environ 20% de plus que le gyrobroyeur.

Couplage avec des outils intercepts

Les broyeurs à marteaux et gyrobroyeurs ne sont compatibles avec aucun outil intercept.

3. Entretien le rang

Outil à effacement « classique » (mécanique, hydraulique...)



DÉCAVAILLONNEUSE À SOC



OUTIL ROTATIF



LAME BINEUSE

Outil bineur passif



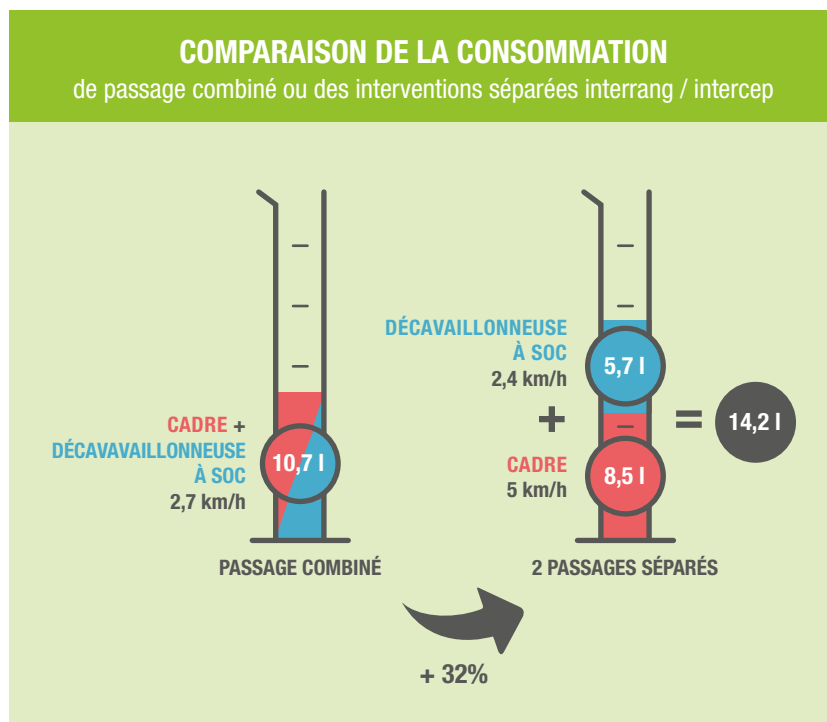
ECOCEP®



ROTOR À DOIGTS SOUPLES



LAME



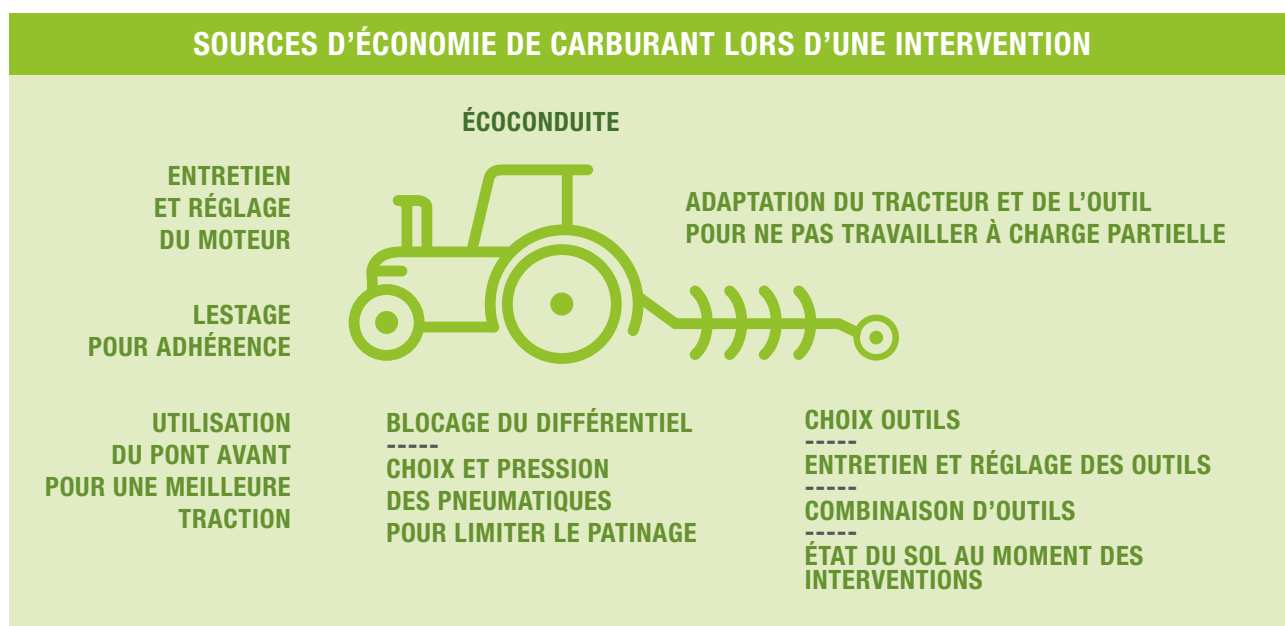
BON À SAVOIR Le passage combiné d'outils semble être intéressant car il permet de réduire le nombre d'interventions sur la parcelle. Par contre, pour être pertinent, il doit associer deux outils dont la vitesse de travail optimale est comparable. Il peut également s'agir d'associer un outil intercep avec un autre type d'outil (éclimeuse, pulvérisateur...)

➔ Le passage combiné d'outils permet de réduire la consommation de 30% par rapport aux deux interventions effectuées séparément.

LE SAVIEZ-VOUS ? L'application d'un herbicide sous le rang consomme, en moyenne, 4 l de GNR / ha (à la vitesse de 4 – 4,5 km/h). Ce niveau de consommation est comparable à celui d'un outil intercep à effacement passif.

4. Synthèse des leviers mobilisables

La figure reprend en synthèse les leviers mobilisables pour réduire la consommation de GNR à l'échelle parcellaire :



ORDRE DE GRANDEUR DES GAINS DE CONSOMMATION POTENTIELS

FACTEURS	MISE EN ŒUVRE	ÉCONOMIE CARBURANT* MAX	ÉCONOMIE TEMPS DE TRAVAIL	REMARQUES
RÉGIME MOTEUR	★ FACILE	20/30 %	⊖ NEUTRE	Doit être réglé conjointement avec la vitesse de travail.
MANŒUVRE EN BOUT DE RANG	★ FACILE	< 20 %	⊕ POSITIF	Bénéfice variable selon la longueur des rangs.
VITESSE DE TRAVAIL	★ FACILE	< 20 %	⊕ POSITIF	Déterminée par la vitesse optimale de l'outil utilisé.
PASSAGE COMBINÉ (IR / INTERCEP)	★★★ DIFFICILE	> 30 %	⊕ POSITIF	Attention à la cohérence de vitesse de travail des outils associés.
PROFONDEUR DE TRAVAIL	★★ MOYEN	> 30 %	⊖ NEUTRE	Dépend de l'objectif de l'intervention. La profondeur de la première intervention de l'année limite la profondeur des interventions suivantes.
COMPACTAGE DU SOL	★★★ DIFFICILE	20/30 %	⊖ NEUTRE	L'état de compactage du sol lors de la 1 ^{ère} intervention de l'année dépend de la couverture du sol pendant l'hiver.

* Les économies de carburant ne sont pas directement cumulables. Cependant, pour réduire significativement (> 50%) la consommation de GNR sur une intervention, il convient d'associer plusieurs facteurs.

06

INTINÉRAIRE TECHNIQUE

Réduire la consommation de GNR

Deux cas de figure se présentent pour réduire sa consommation de carburant liée à l'entretien du sol :

1. L'itinéraire et le matériel ne changent pas, le viticulteur recherche toutes les optimisations possibles.
2. Il est possible de réfléchir à une modification des itinéraires d'entretien du sol. Le viticulteur est en capacité de faire des investissements matériels.

1. Sans changement profond : optimiser l'existant !

Sans changement de façons culturales ni de matériel, les possibilités d'optimisation sont les suivantes :



Le tracteur

Traquer les défauts d'entretien susceptibles de pénaliser le rendement de la transmission du moteur à la roue : l'usure des pneus, une pression adaptée à l'état du sol, les filtres à huile, à air et à carburant, les injecteurs, l'huile de pont etc. Tous les surpoids inutiles techniquement (masses avant non démontées, eau des pneus) sont pénalisants pour la consommation et à supprimer. Le passage au banc d'essai moteur est indispensable pour connaître les caractéristiques du moteur, préalable pour pouvoir les optimiser. Si plusieurs tracteurs sont disponibles, il convient de choisir celui dont la puissance est la mieux adaptée à l'intervention prévue, en évitant des tracteurs trop puissants.



Les outils

Quel que soit l'outil utilisé, s'assurer que celui-ci est réglé correctement par rapport à l'objectif de travail (largeur, profondeur...). Avec les outils interceps la largeur travaillée joue également sur la réactivité du système d'effacement et donc sur le débit de chantier. Un réglage bien ajusté permet d'augmenter significativement le débit de chantier et donc de réduire la consommation par hectare.



La stratégie

Au-delà de son effet à court terme, une intervention prépare l'état du sol pour les passages suivants. L'enchaînement des différentes opérations d'entretien du sol doit être cohérent pour que chaque intervention soit faite dans de bonnes conditions et que son efficacité soit maximale. Intervenir au bon moment par rapport à l'état du sol et au stade de développement des adventices est un moyen efficace de limiter le nombre d'interventions et d'optimiser chacune d'entre elles. Une intervention trop tardive par exemple implique un réseau racinaire des mauvaises herbes plus dense et plus profond, plus de volume de végétation à gérer, plus de profondeur avec les outils et donc plus d'énergie nécessaire avec une vitesse plus faible, ce qui revient à augmenter très significativement la consommation sur le moment, sans garantie d'efficacité.



Les combinaisons

Les combinaisons d'outils d'entretien du sol avec d'autres matériels sont à étudier au cas par cas en fonction des possibilités d'attelage ou de montage, et de la compatibilité des vitesses de travail des outils accouplés. Il en résulte en général une surconsommation instantanée (cf. couplage avec outils interceps), compensée par le gain de temps produit.



La conduite et les manœuvres

La connaissance des capacités du tracteur est intéressante, couplée à une formation à l'éco-conduite, pour mieux utiliser la plage « efficace » de régime moteur. Des manœuvres de bout de rang optimisées en fonction des caractéristiques des parcelles permettent des gains supplémentaires, surtout sur des parcelles à rangs courts.



TRACTEUR

- Entretien
- Pneumatiques
- Masses



LES OUTILS

- Réglages
- Débit de chantier



STRATÉGIE

- Raisonnement des interventions
- Facilitation des interventions pour plus de débit de chantier



COMBINAISONS

- Compatibilité des outils à vérifier
- Surconsommation faible
- Non spécificité du travail du sol



CONDUITE ET MANŒUVRES

- Gains importants sur rangs courts
- Formation éco-conduite

2. Pour réduire beaucoup, des changements s'imposent !

Avec un changement possible à tous les niveaux, les optimisations peuvent être étendues :

→ **Au choix du tracteur** : les nouvelles motorisations sont globalement plus performantes et le choix de la transmission à variation continue par exemple est intéressant non seulement pour le confort de travail qu'elle procure, mais aussi pour l'adaptation automatique au régime moteur le plus efficace en fonction de la vitesse demandée (et de l'effort).

→ **Au choix de l'équipement** : pour tendre vers un panel de matériel le plus polyvalent possible afin que chaque opération puisse être la plus pertinente possible. L'achat de disques émotteurs en complément de lames interceps basiques peut apporter un bénéfice technique en matière de déplacements de terre pour le désherbage, tout en réduisant la consommation sur plusieurs interventions.

→ **A un changement de stratégie** faisant plus de place aux couverts végétaux : les interventions de gestion des couverts sans travail du sol permettent d'utiliser moins d'énergie tout en gagnant du temps. Sous réserve de compatibilité avec l'objectif de production.

→ **A des changements plus profonds au niveau du parcellaire** pour limiter les déplacements et les manœuvres : remembrement, regroupement de parcelles, changement de densité de plantation.

L'économie de carburant n'est qu'un objectif parmi de nombreux autres à l'échelle de l'exploitation : la priorité reste de maintenir les objectifs de production (rendement et qualité) adaptés aux marchés développés par le vigneron. Les coûts de production, l'impact des pratiques sur l'environnement (sol, aspects paysagers, biodiversité...), l'adaptation aux contraintes de main d'œuvre sont également à intégrer dans les stratégies d'entretien du sol.

NE PAS OUBLIER

L'intervention qui consomme le plus, c'est celle qui ne sert à rien !

Chaque passage d'outil doit permettre d'atteindre l'objectif prévu (ex : destruction des adventices, ameublissement du sol, tonte du couvert...). Si au début d'une intervention, vous vous apercevez que l'outil n'atteint pas l'objectif souhaité (ex : l'outil ne rentre pas parce que le sol est trop dur), il faut identifier le problème : soit modifier les réglages du tracteur et de l'outil, soit arrêter le travail et le reporter quand les conditions de sol seront mieux adaptées.

L'objectif est que l'effet d'une intervention soit le plus durable possible pour éviter d'avoir à la renouveler rapidement : L'intervention qui consomme le moins, c'est celle que l'on ne fait pas !



Dans cet exemple, le sol est trop sec et trop dur au moment du passage du cadre. Les dents ne s'enfoncent pas et le sol est lissé au niveau du passage des dents. Cette intervention n'atteint pas du tout son objectif d'ameublissement du sol !



TRACTEUR

- Nouvelles motorisations
- Transmission à variation continue



LES OUTILS

- Matériel polyvalent
- Privilégier les outils intercep à effacement passif
- Disques émotteurs



STRATÉGIE

- Inclure les couverts végétaux dans la stratégie



STRUCTURE PARCELLAIRE

- Remembrement pour agrandir la taille des parcelles
- Regroupement de parcelles pour limiter les transferts sur la route
- Choix de matériel végétal productif pouvant supporter plus de concurrence de la part des adventices
- Homogénéiser les densités de plantation à l'échelle du domaine pour faciliter le réglage des outils
- Éviter de trop réduire l'écartement des plants sur le rang

3. Comparaison de 2 itinéraires techniques

Illustration de la consommation en GNR des opérations d'entretien du sol sur deux domaines viticoles aux pratiques contrastées.

	 DOMAINE	 DOMAINE
TYPE DE VIN	IGP Oc	IGP Oc
OBJECTIFS DE RENDEMENT	80 hl/ha	70 hl/ha
SURFACE DE L'EXPLOITATION	70 ha	30 ha
TYPE DE SOL	Limono-sableux Pas de cailloux Pente très faible	Limono-argileux Pas de cailloux Pente très faible
OBJECTIF D'ENTRETIEN DU SOL		
Repos végétatif	 Limiter la présence d'herbe	 Maintenir un couvert herbacé sur l'ensemble de la surface
Période végétative	 Limiter la présence d'herbe	 Maintenir un mulch sur l'IR (roulage du couvert herbacé), limiter la présence d'enherbement sur le rang
TRACTEURS	New Holland 100 ch Kubota 85 ch Claas 100 ch	Same 75 ch
OUTILS D'ENTRETIEN DU RANG	<ul style="list-style-type: none"> • Houe rotative à axe horizontal • Pulvérisateur à 12 disques • Cadre 7 dents • Ecocep® • Lame bineuse à effacement hydraulique • Décavaillonneuse à soc à effacement hydraulique 	<ul style="list-style-type: none"> • Rouleau écraseur de végétaux • Semoir pour « semis direct » • Pulvérisateur à disques • Lame bineuse à effacement passif

CONSOMMATION DE GNR



DOMAINE

Son objectif est de maximiser les rendements en limitant la présence d'adventices, toute l'année. Les interventions d'entretien du sol débutent après les vendanges pour éviter que l'herbe s'installe dans la parcelle et pour faciliter la reprise des sols en sortie d'hiver. Sur l'IR, la stratégie alterne le passage d'un cadre, d'un pulvérisateur à disques, voire de houe rotative à axe horizontal. Soucieux de réduire sa consommation de GNR, le viticulteur a investi dans un intercep passif. En 2016, 3 des 4 interventions interceps sont réalisées avec cet outil et chacune consomme moins de 5 l/ha. En 2017, une seule des trois interventions est faite avec cet outil : il s'avère fragile et cher à l'entretien et la stratégie « 100% binage » (= Ø décavaillonnage) n'est pas suffisamment efficace pour maîtriser les adventices dans ces sols très poussants. En 2018, l'outil passif n'est plus utilisé : les 4 interventions d'intercep consomment toutes plus de 5 l/ha.

En 2017, le viticulteur utilise la houe rotative à axe horizontal pour maîtriser le développement des adventices dans l'IR. Cette seule intervention consomme 20 l/ha, soit 30% de la consommation de l'année !

La consommation annuelle de GNR des interventions d'entretien du sol varie de 40 à 64 l/ha, avec un cumul sur 3 ans de 160 l/ha. Le nombre d'interventions est stable, 8 ou 9 selon les années. Les écarts de consommation s'expliquent par le type d'outils utilisés.

Cette consommation de GNR correspond à un taux d'émission de 0,11 à 0,17 t de CO₂/ha/an, soit à l'échelle de l'exploitation (70 ha de vignes) de 7,7 à 11,9 t annuel.



DOMAINE

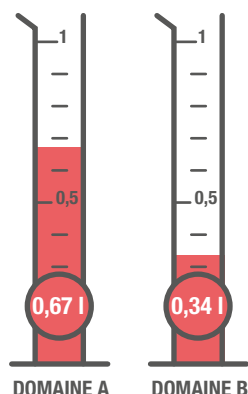
Le viticulteur souhaite préserver la qualité des sols en limitant au maximum le travail du sol. Depuis plusieurs années, il sème des couverts végétaux annuels à l'automne, qu'il entretient par « roulage » au printemps et en été et qu'il renouvelle annuellement par semis sous couvert (= semis de nouvelles semences, sans détruire le couvert en place). Sur le rang, pendant la période végétative, le développement du couvert est géré par binage avec une lame bineuse passive (sans tâteur). Toutes les interventions d'entretien du couvert sont couplées sur le rang et dans l'IR (couplage du rouleau et des lames bineuses) et effectuées à vitesse élevées (6-7 km/h). En 2016, les couverts végétaux étaient trop « pollués » par des espèces non désirées. Avant le resemis de l'automne, le viticulteur a détruit le couvert en place par passage de pulvérisateur à disques.

Chaque intervention d'entretien est dans la fourchette basse de consommation de GNR, par rapport aux mesures effectuées dans ce projet (< 5 l/ha). La consommation annuelle de cette stratégie est d'environ 20 – 25 l/ha de GNR, et 67 l/ha sur 3 ans. Cette consommation de GNR correspond à un taux d'émission de 0,05 à 0,07 t de CO₂/ha (équivalent à 420 à 590 km parcourus en voiture), soit à l'échelle de l'exploitation (30 ha de vignes) de 1,5 t à 2,1 t annuel.

Coûts de production

Hypothèses retenues pour le calcul des coûts de production : Le coût des interventions est estimé à partir du prix catalogue des outils (selon la méthode APCA du barème d'entraide avec le coût de l'outil amorti sur 7 ans), sur la surface de chaque domaine (70 ha pour le domaine A et 30 ha pour le domaine B). Les frais de main d'œuvre sont estimés à 19 €/h. Le prix du GNR est de 0,92 €/l.

Le coût annuel moyen de la stratégie d'entretien du sol est de 406 €/ha, pour le domaine A (compris entre 401 et 414 €) et de 302 €/ha pour le domaine B (compris entre 263 et 346 €). Ces deux domaines sont donc performants en regard des coûts relevés lors de l'enquête de 2016 (voir p 7). Cette performance s'explique par des configurations parcellaires et des équipements leur permettant d'avoir des débits de chantier élevés. Le coût moyen d'une intervention est de 49 €, avec un minimum de 37 € et un maximum de 83 €. Les frais de main d'œuvre représentent entre 40 et 50% du coût de l'intervention. L'augmentation de la vitesse de travail réduit donc les coûts de l'intervention en réduisant la charge de main d'œuvre.



Efficacité énergétique

Dans notre projet, nous définissons l'efficacité énergétique comme la quantité de GNR consommée pour les opérations d'entretien du sol pour produire 1 hl de vin. Cet indicateur dépend donc de la consommation de carburant et du rendement de la parcelle.

Bien que les rendements du domaine B soient inférieurs à ceux du domaine A, tous les ans, ce domaine présente une meilleure efficacité énergétique. Plus le chiffre est faible, meilleure est l'efficacité. Sur le domaine A, les deux facteurs qui impactent le plus l'efficacité énergétique d'une année sur l'autre est l'abandon de l'outil intercep passif et le passage de la houe rotative à axe horizontal en 2017.

* : l de GNR consommés pour les opérations d'entretien du sol pour produire 1 hl de vin



Chaque goutte représente une intervention d'entretien du sol et la consommation en GNR correspondante

Les comparaisons des stratégies et des consommations de GNR de ces deux domaines illustrent :

- La variabilité interannuelle de consommation de carburant pour un domaine, donc pour un contexte, des matériels et des objectifs d'entretien du sol donnés : pour le domaine A, les écarts d'une année sur l'autre sont de 16% et de 13% pour le domaine B. Cette variabilité s'explique par l'adaptation du viticulteur au contexte de l'année, dans le choix des outils et du type d'intervention.
- Les gains de consommation que peuvent entraîner des modifications de stratégie : en moyenne, le domaine B a une consommation inférieure de 56% par rapport au domaine A. Le changement de stratégie peut entraîner des baisses de consommation de GNR significatifs (> 50%), mais elle doit toujours être cohérente par rapport aux objectifs de production.

Pour aller plus loin

Les sites internet des partenaires présentent de nombreux documents et vidéos en lien avec ce thème :

FR CUMA :

- Choisir son outil intercep : www.occitanie.cuma.fr/actualites/viticulturebien-choisir-ses-outils-interceps-0
- Ecoconduite de tracteur : www.occitanie.cuma.fr/sites/default/files/fiche_conduite_eco.pdf

IFV : nombreuses vidéos de démonstrations de travail du sol : www.youtube.com/channel/UC3q76Y1li9bociGWOjVDv9w

Chambre d'agriculture de l'Hérault : nombreuses vidéos de démonstrations de travail du sol :

www.youtube.com/channel/UCWhqmtrIR3DsXaTyNJVF1aw

Remerciements

Ce projet n'aurait pu être mené à bien sans la contribution active :

- Des viticulteurs sollicités pour la prise de mesure de consommation de carburant. Nous remercions en particulier François Reboul (Domaine de Malaïgue, Blauzac, 30), Olivier Azan (Domaine du Petit Roubié, Pinet, 34) et leurs personnels, Cédric Arnaud (Domaine Villa Noria, Cazouls d'Hérault, 34), Patrick Goma (Domaine Terres en Couleurs, Pézenas, 34 et Domaine Cante Perdrix, Gabian, 34), Stéphane Moreno (Prieuré St Jean de Bébien, Pézenas 34), Bertrand Gelly (GAEC Gelly, Corneilhan 34).
- Des stagiaires : Emma Carrot (Supagro 2016), Aymerick Van Gelderen (Bordeaux Sciences Agro 2016), Clara Cheymol (Université Paul Sabatier 2017), Nathanaël Petit (AgroParisTech-université de Lorraine 2017).
- L'équipe pédagogique et les étudiants en classe de première et terminale Bac Pro CGEA option vigne et vin du LEAP Bonne Terre Pézenas.

Nicolas CONSTANT
SUDVINBIO
nicolas.constant@sudvinbio.com
www.sudvinbio.com

Christophe AUVERGNE et Nathalie FORTIN
CHAMBRE D'AGRICULTURE DE L'HÉRAULT
auvergne@herault.chambagri.fr - fortin@herault.chambagri.fr
www.herault.chambre-agriculture.fr

Emmanuel COLIN
FR CUMA
cuma34@orange.fr
www.occitanie.cuma.fr

Christophe GAVIGLIO
INSTITUT FRANÇAIS DE LA VIGNE ET DU VIN
christophe.gaviglio@vignevin.com
www.vignevin.com



DOCUMENT RÉALISÉ AVEC LE SOUTIEN FINANCIER DE

